



**Miguel Alexandre
Pereira Nunes**

**Estudo de viabilidade económica da substituição de
uma frota de veículos a combustíveis fósseis para
elétricos**



**Miguel Alexandre
Pereira Nunes**

**Estudo de viabilidade económica da substituição de
uma frota de veículos a combustíveis fósseis para
elétricos**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Mestre Miguel da Silva Oliveira, professor assistente convidado do departamento de economia, gestão, engenharia industrial e turismo da Universidade de Aveiro e pelo Coorientador Doutor António Gil D'Orey de Andrade Campos, professor auxiliar do departamento de engenharia mecânica.

Dedico este trabalho à minha família, principalmente aos meus pais e irmã que sempre me apoiaram de início ao fim e me ajudaram em tudo o que precisei.

o júri

Presidente

Professor Doutor Luís António da Cruz Tarelho
Professor associado, Universidade de Aveiro

Arguente

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho
Professora auxiliar, Universidade de Aveiro

Vogal (Orientador)

Mestre Miguel da Silva Oliveira
Assistente convidado, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Quero agradecer a todas as pessoas que de forma direta ou indireta me ajudaram a finalizar esta tese. O meu muito obrigado ao professor Miguel Oliveira por me ter sugerido o tema desenvolvido na presente tese, bem como a ajuda prestada na sua realização. Agradeço também à empresa Inova por me ter facultado todos os dados necessários para a realização do projeto em questão e ao professor Jorge Mota por me ter ajudado na realização dos cálculos financeiros referente aos veículos elétricos. Por fim, não menos importante, agradeço todo apoio dado pelos meus colegas de turma e amigos que fiz durante estes dois anos.

palavras-chave

Mobilidade elétrica, veículos elétricos, tempo de amortização, emissões, fotovoltaico

resumo

Este projeto tem como base uma análise técnico-económica relativa à substituição de uma frota de veículos convencionais por elétricos da empresa INOVA. De modo a compreender melhor o tema, foi efetuada uma análise sobre enquadramento legal relativamente à mobilidade elétrica, os tipos de veículos existentes no mercado atual, as suas vantagens e desvantagens e as formas de carregamento.

Tendo em conta as disponibilidades dos construtores automóveis de veículos elétricos foram identificados os substitutos que melhor se adequavam às necessidades, tendo sido analisados os tempos de amortização do investimento de todas as soluções propostas. Para esta análise foram utilizados os preços atuais dos combustíveis, da energia elétrica, adicionando ainda os custos de manutenção de cada veículo de forma a avaliar a melhor solução. Foi dada também importância às emissões dos veículos elétricos, tendo sido comparadas com os veículos existentes na frota.

Por fim, foi dimensionado um sistema fotovoltaico no regime de autoconsumo da empresa, de modo a que esta consiga economizar nos custos da energia elétrica.

keywords

Electric Mobility, electric vehicles, amortization time, emissions, photovoltaic

abstract

In the present project, a technical-economic analysis was carried out to substitute the fleet of conventional diesel or gasoline vehicles with electric vehicles from INOVA, a company located in Cantanhede. It was carried out the analysis of the Portuguese legislation related to electric mobility, the electric vehicles charging methods, an analysis of advantages and disadvantages relative to the electric vehicles currently available in the market, and an evaluation of the company requirements in term of mobility. Based on the current price of fuel, electricity, and operations and maintenance cost an invested amortization was calculated for each vehicle. An assessment of the pollutants emission was done, compared the future emission of CO₂ from the electric vehicles to the actual emission of the vehicles in the company's fleet. Finally, a photovoltaic system was planned in the company for turning self-sufficient, therefore a reduction of electricity cost.

Índice Geral

Capítulo I	1
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Objetivos.....	3
Capítulo II	5
2. Mobilidade elétrica	5
2.1. Enquadramento legislativo	5
2.2. História	6
2.3. Tipos de veículos elétricos	9
2.3.1. Veículo Híbrido	9
2.3.2. Veículo híbrido plug-in.....	10
2.3.3. Veículo elétrico	11
2.3.4. Veículo elétrico com extensor de autonomia	12
2.3.5. Veículos elétricos de células de combustível.....	13
2.4. Emissões	13
2.5. Gama de veículos elétricos	15
2.5.1. Carros	15
2.5.2. Camiões	17
2.5.3. Motas	17
2.5.4. Bicicletas	18
2.6. Modos de carregamento	19
2.6.1. Modo de carga Tipo 1.....	19
2.6.2. Modo de carga Tipo 2.....	20
2.6.3. Modo de carga Tipo 3.....	20
2.6.4. Modo de carga Tipo 4.....	21
2.7. Tecnologias de armazenamento de energia.....	22
2.7.1. Ar comprimido	22
2.7.2. Pilhas de combustível.....	23

2.7.3.	Supercondensadores	24
2.7.4.	Volantes de inércia (flywheels).....	25
2.7.5.	Bobinas supercondutoras.....	26
2.7.6.	Baterias	27
2.7.6.1.	Chumbo-ácido	27
2.7.6.2.	lão-Lítio (Li-On).....	28
2.7.6.3.	lões-Lítio Polímero (Li-Pos).....	29
2.7.6.4.	Níquel- cádmio	30
2.7.6.5.	Sulfureto de sódio (NaS)	31
2.8.	Soluções possíveis.....	32
2.8.1.	Renault Zoe 40kWh.....	32
2.8.2.	Nissan Leaf Zero Emission	34
2.8.3.	Renault kangoo Z.E.....	35
2.8.4.	E-NV200	36
2.8.5.	Mitsubishi Fuso eCanter.....	38
2.8.6.	Vortex SWR.....	38
2.8.7.	RAVO 5 iSeries	39
2.9.	Valor de aquisição, manutenção e IUC dos veículos.....	41
Capítulo III		43
3.	Troca dos veículos a combustível fóssil para elétricos.....	43
3.1.	A empresa	43
3.2.	Situação atual.....	43
3.3.	Situação proposta.....	45
3.4.	Análise das soluções propostas e respetivas emissões	49
3.4.1.	Cenário 1	51
3.4.1.1.	Peugeot 207	51
3.4.1.2.	Peugeot 208	53
3.4.1.3.	Opel Zafira.....	54
3.4.1.4.	Peugeot Bipper	55
3.4.1.5.	Opel Vivaro.....	56

3.4.1.6.	Honda SH-125I	57
3.4.2.	Cenário 2	59
3.4.2.1.	Peugeot 207	59
3.4.2.2.	Peugeot 208	61
3.4.2.3.	Opel Zafira	63
3.4.2.4.	Peugeot Bipper	64
3.4.2.5.	Opel Vivaro	65
3.4.2.6.	Honda SH-125I	65
3.4.3.	Emissões	67
Capítulo IV.....		71
4.	Aplicação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo	71
4.1.	Enquadramento Legal	71
4.2.	Sistema fotovoltaico	72
4.2.1.	Autoconsumo.....	72
4.2.2.	Componentes de um sistema para autoconsumo.....	72
4.2.2.1.	Módulos fotovoltaicos	73
4.2.2.2.	Contador de produção bidirecional	74
4.2.2.3.	Inversor.....	75
4.3.	Dimensionamento.....	75
4.3.1.	Módulos fotovoltaicos	77
4.3.2.	Inversor.....	77
4.3.3.	Cabos e proteções	78
4.4.	Informações do projeto.....	79
4.4.1.	Custos e poupanças.....	79
4.5.	Emissões	81
Capítulo V.....		83
5.	Conclusões.....	83
5.1.	Trabalhos futuros.....	84
Capítulo VI.....		85
Referências		85

Lista de acrónimos

AC – *Alternative Current*
CI – Combustão Interna
CO₂ – Dióxido de carbono
CUR – Comercializador de Último Recurso
DC – *Direct current*
DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia
EV – *Electric Vehicle*
FCEV- *Fuel Cell Electric Vehicles*
GEE – Gases de Efeito Estufa
HEV – *Hybrid Electric Vehicles*
ISV – Imposto sobre veículos
IUC – Imposto Único de Circulação
NEDC – *New European Driving Cycle*
NO_x – Óxido de nitrogénio
PHEV – *Plug-in Hybrid Electric Vehicles*
RESP – Rede Elétrica de Serviço Público
REEV – *Rave Extender Electric Vehicles*
SAVE – Sistema de Alimentação de Veículos Elétricos
SLA – *Sealed Lead Acid*
SO₂ – Dióxido de enxofre
UE – União Europeia
UPAC – Unidade de Produção de Autoconsumo
UPP – Unidade de Pequena Produção
VRLA – *Valve Regulated Lead Acid*

Índice de figuras

Figura 1- O Contributo da Energia Renovável no Consumo de Energia Final 2016	1
Figura 2- Emissões setoriais de CO ₂ (2015)	2
Figura 3- Modelo de M. Gustave Trouvé	7
Figura 4- La Jamais Contente	8
Figura 5- Princípio de funcionamento e componentes de um HV	10
Figura 6- Componentes do PHEV	11
Figura 7- Componentes de um EV	12
Figura 8- Componentes de veículo elétrico com extensor de autonomia	12
Figura 9- Componentes de um FCEV	13
Figura 10- Emissões do ciclo de vida (mais de 150.000 km) de veículos elétricos e convencionais na Europa em 2015	14
Figura 11- Comparação das emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida em veículos híbridos convencionais, elétricos e plug-ins em vários mercados europeus	15
Figura 12- Carregamento-Modo 1	20
Figura 13- Carregamento-Modo 2	20
Figura 14- Carregamento-Modo 3	21
Figura 15- Carregamento-Modo 4	21
Figura 16- Componentes de um sistema de ar comprimido	23
Figura 17- Funcionamento de uma pilha de combustível	24
Figura 18- Constituintes de um volante de inércia	26
Figura 19- Esquema de um Sistema de bobinas supercondutoras	26
Figura 20- Bateria de Chumbo e seus constituintes	28
Figura 21- Bateria de ião- Lítio	29
Figura 22- Bateria de lítio polímero	30
Figura 23- Bateria de níquel-cádmio	31
Figura 24- Bateria de sulfureto de sódio	32
Figura 25- Renault ZOE 40	33
Figura 26- Nissan Leaf Zero Emission	35
Figura 27- Renault Kangoo ZE	36
Figura 28- Nissan E-NV200	38
Figura 29- Mitsubishi Fuso eCanter	38
Figura 30- Vortex SWR 6000	39
Figura 31- RAVO 5 iSeries	40
Figura 32- Soluções para o Peugeot 207	46
Figura 33- Soluções para o Peugeot 208	47
Figura 34- Soluções para a Opel Zafira	47
Figura 35- Solução para a Peugeot Bipper	47

Figura 36- Solução para a Nissan E-NV200	48
Figura 37- Solução para as motos da marca Honda SH-125I	48
Figura 38- Solução para as varredoras.....	48
Figura 39- Componentes de uma UPAC	73
Figura 40-Módulo fotovoltaico monocristalino	74
Figura 41- Contador de produção bidirectional	74
Figura 42- Inversor	75
Figura 43- Diagrama de carga da empresa	76
Figura 44- Poupança efetiva em 20 anos	80
Figura 45- Comparação dos custos de eletricidade acumulados.....	81

Índice de tabelas

Tabela 1- Carros elétricos mais vendidos em 2017	16
Tabela 2- Comparação entre uma bateria e um supercondensador	25
Tabela 3- Características do Renault ZOE 40 kW	33
Tabela 4- Características do Nissan Leaf 40 kW	35
Tabela 5- Características da Renault Kangoo Z.E	36
Tabela 6- Características da E-NV200	37
Tabela 7- Características da Vortex SWR 6000	39
Tabela 8- Características da RAVO 5 iSeries	40
Tabela 9- Valores referentes aos veículos atuais	41
Tabela 10- Valores referentes aos veículos elétricos	41
Tabela 11- Veículos pesados de mercadorias da empresa	44
Tabela 12- Veículos ligeiros de mercadorias da empresa	44
Tabela 13- Veículos ligeiros de passageiros da empresa	45
Tabela 14- Varredoras da empresa	45
Tabela 15- Motociclos da empresa	45
Tabela 16- Especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos	77
Tabela 17- Informações do projeto	79
Tabela 18- Comparação dos custos anuais de eletricidade	80

Índice de gráficos

Gráfico 1- Períodos horários no inverno	49
Gráfico 2- Períodos horários no verão	49
Gráfico 3- Períodos de carregamento no cenário 1 e 2 no inverno	50
Gráfico 4- Períodos de carregamento no cenário 1 e 2 no verão	50
Gráfico 5- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 207	51
Gráfico 6- Variação do cash flow para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207	52
Gráfico 7- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207	52
Gráfico 8- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 208	53
Gráfico 9- Variação do cash flow para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208	53
Gráfico 10- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208	54
Gráfico 11- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe em relação à Opel Zafira	54
Gráfico 12- Variação do cash flow para o investimento do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira	55
Gráfico 13- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira	55
Gráfico 14- Variação do cash flow para o investimento da Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper	56
Gráfico 15- Variação do cash flow para o investimento da Nissan E-NV200 em relação à Opel Vivaro	57
Gráfico 16- Variação do cash flow para o investimento da Vortex SWR em relação à	58
Gráfico 17- Variação do cash flow para o investimento da Vortex SWR em relação à	58
Gráfico 18- Variação do cash flow para o investimento da Vortex SWR em relação à	59
Gráfico 19- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 207 com carregamento em vazio	60
Gráfico 20- Variação do cash flow para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207 com carregamento em vazio	60
Gráfico 21- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207 com carregamento em vazio	61
Gráfico 22- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 208 com carregamento em vazio	61
Gráfico 23- Variação do cash flow para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208 com carregamento em vazio	62

Gráfico 24- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208 com carregamento em vazio.....	62
Gráfico 25- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe em relação á Opel Zafira com carregamento em vazio	63
Gráfico 26- Variação do cash flow para o investimento do Nissan Leaf em relação á Opel Zafira com carregamento em vazio	63
Gráfico 27- Variação do cash flow para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira com carregamento em vazio	64
Gráfico 28- Variação do cash flow para o investimento da Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper com carregamento em vazio	64
Gráfico 29- Variação do cash flow para o investimento da Nissan E-NV200 em relação à Opel Vivaro com carregamento em vazio.....	65
Gráfico 30- Variação do cash flow para o investimento da Vortex SWR em relação à.....	65
Gráfico 31- Variação do cash flow para o investimento da Vortex SWR em relação à.....	66
Gráfico 32- Variação do cash flow para o investimento da Vortex SWR em relação à.....	66
Gráfico 33- Emissões de CO2 do Renault Zoe e do Nissan Leaf em comparação com o Peugeot 207	68
Gráfico 34- Emissões do Renault Zoe e do Nissan Leaf comparadas com as do Peugeot 208.....	68
Gráfico 35- Emissões do Renault Zoe e do Nissan Leaf comparadas com as da Opel Zafira	69
Gráfico 36- Emissões da Renault Kangoo Z.E comparadas à Peugeot Bipper	69
Gráfico 37- Emissões da E-NV200 em comparadas às da Opel Vivaro.....	70

Capítulo I

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

Hoje em dia, o consumo global de energia é cada vez mais elevado, dando origem à necessidade de se recorrer às energias renováveis, devido ao aumento da população mundial e às condições sociais dão origem a que as necessidades energéticas aumentem ano após ano.

A união europeia (EU) é o maior importador de energia do mundo, revelando uma dependência externa de 53,4% face aos combustíveis fósseis de forma a satisfazer as suas necessidades energéticas, nomeadamente o petróleo e o gás natural. Em 2013, o petróleo satisfazia 45% do total das necessidades energéticas de Portugal, mostrando assim a grande dependência deste combustível fóssil. [1]

Em 2016, em Portugal, a contribuição das fontes de energias renováveis no consumo final de energia foi de 31%. Das energias renováveis usadas, 45% teve origem na biomassa, 25% na hidroeletricidade, 20% na eólica, 6% nos biocombustíveis e 4% que inclui biomassa, solar térmico, geotermia e biocombustíveis vendidos diretamente ao mercado. [2]

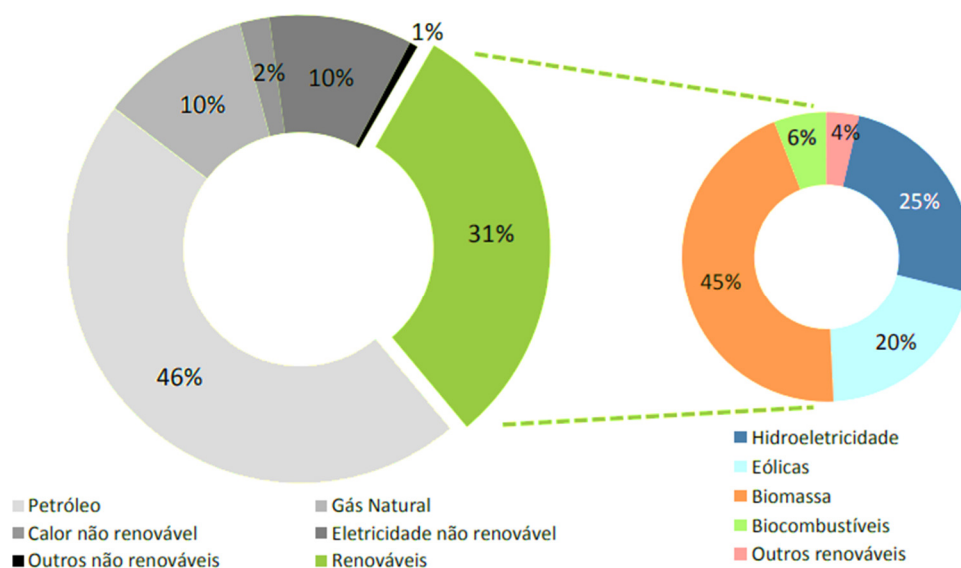


Figura 1- O Contributo da Energia Renovável no Consumo de Energia Final 2016 [2]

Entre abril de 2017 e março de 2018, o peso da energia elétrica renovável atingiu 46,35% relativamente à produção bruta mais o saldo importador. De acordo com a metodologia da diretiva 2009/28/CE, que estabelece os objetivos a atingir em 2020, essa percentagem situou-se em 51,27%. [2]

Em Portugal, praticamente 27% das emissões de CO₂ estão associadas à produção de eletricidade e outros 24% relacionados com os transportes. De forma a reduzir as emissões referentes à produção de energia são utilizadas energias renováveis para a produção da mesma, uma vez que a queima de carvão para produzir eletricidade contribui de forma muito significativa para a emissão de gases com efeito estufa. [3]

Observando a figura 2, em 2015 o setor da energia incluindo transportes, era o principal responsável pelas emissões de gases com efeito de estufa, representando 70% das emissões nacionais e apresentando um crescimento de cerca de 26% face a 2014. Neste setor, a produção de energia e os transportes são as fontes mais importantes representando respetivamente cerca de 27% e 24% do total das emissões nacionais. [3]

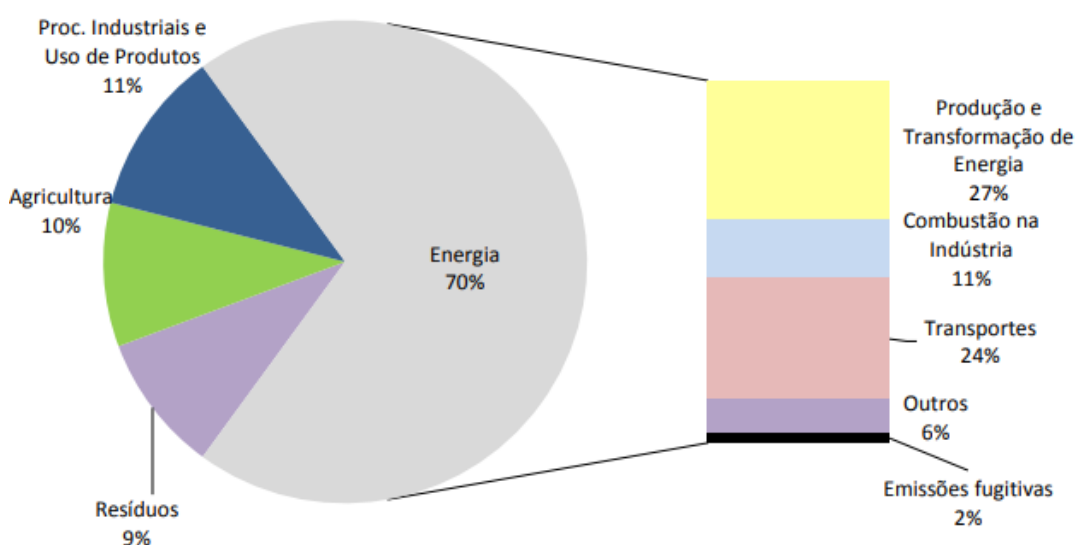


Figura 2- Emissões setoriais de CO₂ (2015) [3]

Uma das soluções encontradas para reduzir o consumo de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) é promover a mobilidade sustentável e simultaneamente encontrar soluções para os problemas atuais do setor dos transportes.

Desta forma, tem-se optado por *electric vehicles* (EVs), que como o próprio nome indica são movidos a eletricidade. Durante o seu uso, os veículos elétricos são silenciosos e não emitem gases de efeito estufa. Do ponto de vista financeiro são mais caros que os veículos convencionais, mas relativamente ao preço do combustível tornam-se mais económicos devido ao preço da eletricidade ser inferior ao preço do gasóleo ou gasolina.

Nos últimos anos, estes tiveram diversos avanços tecnológicos a nível do motor, baterias, eficiência energética e segurança, o que permitiu o seu desenvolvimento e difusão no mercado.

1.2. Objetivos

Este projeto foi desenvolvido com base num caso real de forma a demonstrar como a empresa Inova, Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, poderia ser mais eficiente do ponto de vista ambiental e económico, substituindo alguns dos seus veículos atuais movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos.

O principal objetivo deste projeto é a substituição dos veículos da empresa, sendo assim foram analisados todos os veículos e os custos que têm atualmente para a mesma. Tendo em conta esses valores será feita uma análise técnico- económica relativamente à troca destes por veículos mais eficientes e amigos do ambiente, os veículos elétricos. De modo a atingir este objetivo, foram seguidos os seguintes passos:

- Análise tecnológica relativa à mobilidade elétrica e sobre o seu enquadramento legislativo;
- Avaliação dos custos dos veículos da empresa;
- Análise do mercado e seleção dos veículos elétricos equivalentes aos veículos da empresa;
- Comparação económica da troca da frota atual por veículos elétricos e verificar as poupanças conseguidas com esta ação.

Como objetivo secundário, temos diminuição do consumo de energia proveniente da rede elétrica através da instalação de um sistema solar fotovoltaico de autoconsumo que será dimensionado para a empresa. Desta forma, a empresa vai reduzir o valor das faturas da energia elétrica, sendo que parte da energia consumida será produzida pelo sistema fotovoltaico. Para o seu dimensionamento é necessário analisar diagramas de carga e consumos de energia da empresa e posteriormente efetuar um dimensionamento fotovoltaico que consiga suportar parte da energia consumida pela empresa.

1.3. Guia de leitura

O presente projeto é composto por 6 capítulos.

No presente capítulo, encontra-se uma introdução com o enquadramento ao tema e os objetivos pretendidos para este projeto.

No capítulo II, encontra-se informação sobre a mobilidade elétrica começando pelo seu enquadramento legislativo, seguindo-se da história dos veículos elétricos. Seguidamente, foram descritos os diferentes tipos de veículos elétricos, foram analisadas as suas emissões e descritos os vários tipos de carregamento existentes. De seguida, será apresentada alguma informação sobre várias tecnologias de armazenamento de energia elétrica e por fim as possíveis alternativas aos veículos atuais.

No capítulo III, será analisada a troca dos veículos da empresa. Aqui, encontram-se todos os gastos dos veículos atuais comparados depois com os gastos dos veículos elétricos, verificando

assim o tempo de amortização do investimento para cada veículo em diferentes períodos de carregamento.

No capítulo IV, foi descrito o enquadramento legislativo para análise do sistema fotovoltaico de autoconsumo, os vários equipamentos que o constituem, o seu dimensionamento e por fim os custos e as poupanças com a aquisição deste sistema.

No capítulo V, foram expostas as respetivas conclusões sobre o trabalho desenvolvido e sugestões para trabalhos futuros que podem ser realizados no âmbito deste tema.

Para finalizar, no capítulo VI encontram-se as respetivas referências bibliográficas usadas na realização desta tese.

Capítulo II

2. Mobilidade elétrica

A mobilidade elétrica é uma mobilidade sustentável, uma vez que tem a capacidade de dar resposta às necessidades da sociedade em deslocar-se livremente, aceder, comunicar, negociar e estabelecer relações, sem sacrificar outros valores humanos e ecológicos hoje ou no futuro, sendo fundamental no desenvolvimento das sociedades modernas e na criação de riqueza, pois possibilita o transporte da população e a distribuição de bens. [1]

Hoje em dia, existem mais de mil milhões de veículos em todo mundo, dos quais dois milhões são elétricos, sendo que um milhão encontra-se na China. Com o incremento dos EV, os investigadores preveem que o consumo de petróleo possa ser reduzido em 21 milhões de barris por dia e reduzir as emissões de CO₂ em 3,2 mil milhões de toneladas por ano, que equivale a 60% das emissões dos EUA. [4]

De forma a melhorar o meio ambiente, a Comissão Europeia estabeleceu um conjunto de metas relativas ao clima, energia e transportes que devem ser alcançadas pelos estados membros da UE até ao ano 2020. São elas, a redução de 20% das emissões de GEE comparativamente aos valores de 1990, atingir 20% de fontes renováveis no total de energia final, o aumento em 20% na eficiência energética, alcançar uma quota de 10% de fontes renováveis no setor dos transportes e reduzir em 6% as emissões de GEE nos combustíveis rodoviários em relação a 2010. [1]

Neste capítulo, encontram-se vários aspetos referentes à mobilidade elétrica, desde os vários tipos de veículos elétricos usados atualmente, os vários modos de carregamento, as suas emissões e várias tecnologias de armazenamento de energia que podem ou não ser usadas nos EV.

2.1. Enquadramento legislativo

De forma a iniciar a mobilidade elétrica em Portugal e atingir os objetivos que lhe são atribuídos, como a redução da dependência energética e o combate às alterações climáticas, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2009, de 20 de fevereiro, criou o programa para a mobilidade elétrica em Portugal, que teve por objetivo a introdução e subsequente massificação da utilização do veículo elétrico, de forma a substituir os combustíveis fósseis e reduzir as emissões no setor dos transportes. [5]

O Decreto-Lei n.º 39/2010, de 26 de abril, alterado pela Lei n.º 64-B/2011, de 30 de dezembro, pelo Decretos-Leis n.º 170/2012, de 1 de agosto, e finalmente alterado pelo Decreto-Lei n.º 90/2014, de 11 de junho, estabeleceu um regime jurídico aplicável à organização, ao acesso e às atividades referentes à mobilidade elétrica, criando as operações para os postos de carregamento, a comercialização de eletricidade para a mobilidade elétrica e a gestão das operações. Este Decreto-Lei veio também estabelecer uma rede piloto para a mobilidade elétrica.

Através da aprovação do Decreto-Lei n.º 90/2014, de 11 de junho, alterou-se a estratégia referente à mobilidade elétrica, de forma a garantir condições de sustentabilidade e estimular a procura, bem como promover a diversidade de combustíveis alternativos ao setor dos transportes. [6]

A 10 de Agosto de 2015, o despacho 8809/2015 aprovou o plano de ação da mobilidade elétrica e é feita a distribuição dos postos de carregamento normal, sendo também estabelecidas as potências mínimas das instalações dos postos de carregamento de EV em edifícios e outras zonas urbanísticas que disponham de parques de estacionamento através da portaria 220/2016, por fim a portaria 221/2016 estabeleceu as regras de segurança para a utilização dos postos de carregamento. [7], [8]

Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 49/2016, com vista a assegurar uma evolução da mobilidade elétrica, foi atribuído à MOBI.E, S. A., entidade gestora da rede de mobilidade elétrica, as competências necessárias para assegurar as decisões de nível operacional e de relocalização, sobre todos os postos de carregamento sujeitos ao estatuto de rede piloto. É feita também a conclusão da 1ª fase da Rede Piloto MOBI.E, o que inclui a atualização da atual rede, e lança a 2ª fase destinada à expansão da Rede MOBI.E aos municípios ainda não servidos na 1ª fase. [9]

Recentemente o Decreto-Lei n.º 4/2018, de 2 de fevereiro criou um incentivo que se destina à substituição de veículos movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos no transporte municipal e intermunicipal de passageiros e na recolha de resíduos indiferenciados e materiais recicláveis. [10]

2.2. História

O primeiro carro elétrico foi criado pelo escocês Robert Alberdeen em 1837, contudo em 1881 o francês Gustave Trouvé apresentou o primeiro veículo elétrico comercial, que consistia num triciclo alimentado por um motor de corrente alternada alimentado por 10 baterias de chumbo-ácido ligadas em série.

Em 1883, foi criado um veículo idêntico por dois professores britânicos, contudo o desenvolvimento desta tecnologia não tinha progresso suficiente quando comparado com os transportes a cavalo, uma vez que tinham velocidades de 15 a 16 km/h, não despertando assim interesse nos potenciais clientes.

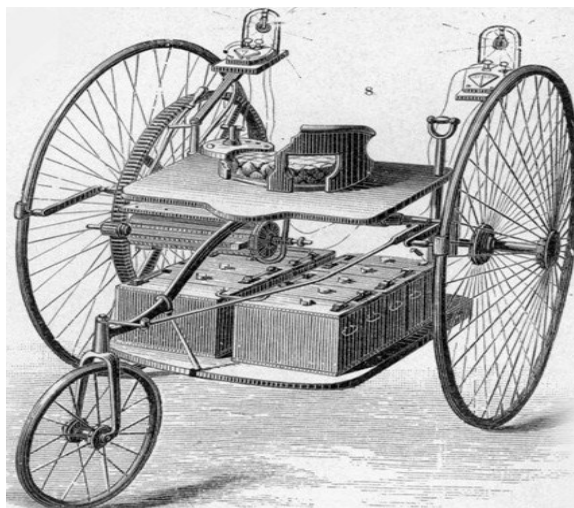


Figura 3- Modelo de M. Gustave Trouvé [11]

Durante os 20 anos seguintes os elétricos foram competindo com os carros a gasolina, pois principalmente na América não havia muitas estradas pavimentadas fora de algumas cidades, não havendo assim problema com a gama limitada de veículos elétricos. Por outro lado, na Europa, o número cada vez maior de estradas pavimentadas exigia intervalos prolongados, favorecendo os veículos a gasolina.

O primeiro EV comercial foi o Morris e Salom's Electroboat. Este veículo foi usado como táxi na cidade de Nova York na empresa criada pelos seus inventores. O Electroboat provou ser mais lucrativo que os táxis, apesar do preço de compra mais alto, e poderia ser usado para três turnos de 4 h com períodos de recarga de 90 minutos no meio, este era alimentado por dois motores de 1,5 cavalos que permitiam uma velocidade máxima de 32 km/h e uma autonomia de 40 km.

O avanço técnico mais importante dessa época foi a invenção da travagem regenerativa pelo francês M. A. Darracq, permitindo recuperar a energia cinética do veículo enquanto travava e assim recarregar as baterias, aumentando consideravelmente o alcance da condução. Este aspeto é uma das contribuições mais importantes para a tecnologia dos veículos elétricos e híbridos, pois contribui para a eficiência energética mais do que qualquer outra coisa na condução urbana.

Além disso, entre os veículos elétricos mais significativos dessa era, o "La Jamais Contente", construído pelo francês Camille Jenatzy em 1899, atingindo os 100 km/h.

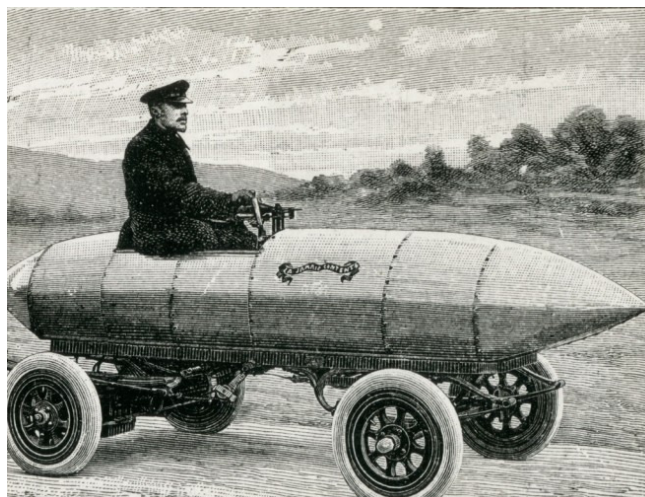


Figura 4- La Jamais Contente [12]

À medida que os automóveis a gasolina se tornaram mais poderosos, flexíveis e principalmente mais fáceis de manusear, os elétricos começaram a desaparecer. O seu preço elevado não ajudou, mas foi o seu alcance de condução limitado e desempenho que realmente os prejudicou comparados aos carros a gasolina. Durante quase 60 anos, os únicos veículos elétricos vendidos foram carros de golfe comuns e veículos de entrega.

Em 1945, três pesquisadores da Bell Laboratories inventaram um dispositivo que revolucionou o mundo da eletrônica e da eletricidade, o transístor. Este rapidamente substituiu os tubos de vácuo por eletrônicos de sinal e logo de seguida foi inventado o tirístor, o que permitiu trocar correntes altas em altas tensões.

Em 1966, a General Motors (GM) construiu o Electrovan, que foi impulsionado por motores de indução alimentados por inversores construídos com tirístores.

O veículo elétrico mais significativo daquela era foi o veículo lunar roving, que os astronautas de Apolo usaram na lua, com um peso de 209 kg que conseguia transportar uma carga útil de 490 kg, alcançando uma distância de 65 km.

Durante as décadas de 60 e 70, as preocupações com o meio ambiente, a crise do petróleo e a consequente necessidade de encontrar alternativas ao uso da gasolina, desencadearam algumas pesquisas relativamente aos veículos elétricos. A evolução até ao presente tem sido em grande parte fomentada pelos tratados, regulamentos e medidas internacionais para a redução das emissões de gases de efeito estufa e mais recentemente com as políticas de desenvolvimento sustentável.

A era EV moderna culminou durante a década de 80 e início da década de 90 com o lançamento de alguns veículos realistas por empresas como a GM (General Motors) com o EV1, o Peugeot Société Anonyme (PSA) e com o 106 Electric. Embora esses veículos representassem uma conquista real, especialmente quando comparados com as realizações iniciais, ficou claro no início dos anos 90 que os automóveis elétricos nunca poderiam competir com automóveis a gasolina para

alcance e desempenho. A razão é que, nas baterias, a energia é armazenada no metal dos eletrodos, que pesam muito mais do que a gasolina para o mesmo conteúdo energético e a indústria automotiva abandonou o EV para realizar pesquisas sobre veículos elétricos híbridos.

No contexto do desenvolvimento dos elétricos, a tecnologia da bateria é mais fraca, bloqueando o caminho destes para o mercado. Grande esforço e investimento foram colocados em pesquisa de baterias, com a intenção de melhorar o desempenho para atender aos requisitos de EV. [13]

Os veículos híbridos são também uma alternativa imediata, já que reduzem o consumo combustíveis fósseis, sem grandes necessidades de adaptações ou alterações. Um dos acontecimentos marcantes da história dos veículos elétricos foi a criação da Tesla Motors em 2003 e a colocação à venda do Tesla Roadster, mostrando que um carro elétrico pode ser espetacular.

2.3. Tipos de veículos elétricos

Os veículos elétricos dividem-se em 3 grupos, são eles o veículo híbrido, o veículo híbrido plug-in e o veículo elétrico a bateria. Todos estes tipos de veículos têm uma característica em comum, pois ambos são constituídos por um motor de propulsão elétrica, apesar de existir algumas diferenças entre si, como descrito mais à frente. A entrada destes veículos no mercado é hoje em dia uma realidade, o veículo elétrico a bateria e o veículo elétrico híbrido são atualmente produzidos em larga escala, com tendência a aumentar a sua presença no futuro a nível global.

2.3.1. Veículo Híbrido

Conhecido com o termo inglês (HV), este tipo de veículo é idêntico ao veículo a combustão, com a diferença de possuir um motor elétrico ligado a um banco de baterias. O motor elétrico é utilizado no arranque do veículo até que este atinja uma velocidade aceitável, enquanto o motor a combustão apenas entra em funcionamento quando o veículo já se encontrar a uma velocidade estável. No entanto, o motor mais utilizado é o de combustão interna, sendo o motor elétrico apenas utilizado quando existe necessidade de acrescentar potência no arranque do veículo ou nas acelerações. Desta forma, a tecnologia em questão vai tornar o veículo mais eficiente em relação aos consumos de combustível, uma vez que o veículo vai necessitar de menos combustível fóssil para realizar uma viagem ao utilizar a energia elétrica armazenada nas baterias. [14], [15]

Os veículos elétricos têm várias vantagens comparados aos veículos convencionais, uma vez que são amigos do ambiente não emitindo CO₂, são menos dependentes dos combustíveis fósseis, têm incentivos financeiros na sua aquisição e também possuem sistema de travagem regenerativa que vai fazer o carregamento das baterias através da energia despendida pelo veículo nas travagens. Por outro lado, tem menos velocidade e menos poder de explosão, a sua aquisição é mais dispendiosa em relação a um veículo normal a combustão e a tensão das baterias é muito elevada podendo causar graves danos ao passageiro se este tiver um acidente. [16]

Os HV são compostos por uma bateria de hidreto de níquel que vai armazenar a energia elétrica essencial para o seu funcionamento e contém uma unidade de controlo de potência que serve como inversor, convertendo a corrente contínua (DC) obtida da bateria para corrente alternada (AC), usada depois no motor elétrico, é utilizado também como conversor de energia DC/DC convertendo os 220 V da bateria para 12 V, usada depois no funcionamento do veículo. Outros componente deste veículo, são o motor elétrico usado para o funcionamento do veículo e uma engrenagem de redução usada para reduzir as rotações elevadas dos motores para que a potência produzida possa ser transferida para as rodas, aumentando assim o binário e a potência de acionamento. Por fim, contém um divisor de energia que divide a potência produzida pelo motor de CI para as rodas e para o gerador que fornece ao motor uma grande quantidade de energia elétrica. [17]

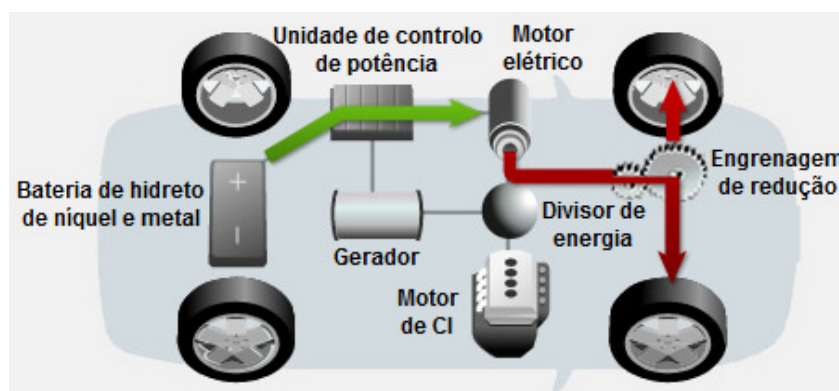


Figura 5- Princípio de funcionamento e componentes de um HV. Adaptado: [17]

2.3.2. Veículo híbrido plug-in

Conhecidos com o termo inglês (PHEV), este tipo de veículos possui um sistema plug-in constituído por um motor de combustão interna (CI) e um motor elétrico, sendo que este último é o que causa maior impacto no funcionamento do veículo. Durante a condução estes podem ser utilizados simultaneamente ou então em separado, ao utilizar o motor elétrico e o de combustão interna, aumenta-se a autonomia do veículo e diminui-se tanto o consumo de combustível fóssil como também as emissões de CO₂ em mais de 50%, sendo o motor elétrico auxiliado por baterias de íões de lítio que podem ser carregadas em qualquer tomada elétrica de 230 V.

A principal diferença nos PHEV é que a bateria também possui um motor de combustão, esta vai funcionar com energia elétrica até que a bateria fique descarregada, utilizando depois o combustível que alimenta o motor de combustão interna. Quando as baterias estão descarregadas ou com pouca carga, é utilizado um sistema de travagem regenerativa que vai aproveitar a energia gasta nas travagens para fazer o seu carregamento. [14]

Os PHEV usam 40 a 60% menos combustível do que os veículos convencionais, permitindo uma condução mais económica a altas velocidades usando apenas eletricidade. Estes produzem ainda

menos emissões que os HEV pois utilizam maior quantidade de energia elétrica que está armazenada nas baterias, os custos de combustível também são mais reduzidos, uma vez que, parte da energia gasta é eletricidade que tem um custo mais baixo que a gasolina ou gasóleo, podendo ser carregados em postos de combustível, em casa ou então em postos de carregamento público. [18]

São compostos por baterias onde esta armazenada toda a energia elétrica do veículo, uma tomada onde é inserido o carregador das baterias, um tanque de combustível onde se encontra a gasolina ou o gás natural, um inversor que converte a energia DC para AC, um motor elétrico utilizado para activar o funcionamento elétrico do veículo, um radiador que mantém a temperatura adequada ao seu funcionamento e um motor de CI ativado pelo combustível fóssil.

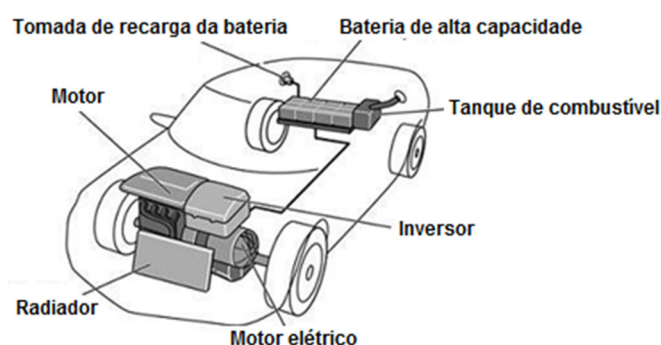


Figura 6- Componentes do PHEV. Adaptado: [19]

2.3.3. Veículo elétrico

Conhecidos com o termo inglês (EV), os veículos elétricos funcionam unicamente com um motor elétrico, diferenciando-se assim dos HEV e dos PHEV. Estes necessitam apenas de energia elétrica para se movimentar, evitando o consumo de combustíveis fósseis e as respectivas emissões.

Para fazer o seu carregamento este deve ser ligado a um posto de carregamento público ou então em casa ligados a uma tomada de 230 V, sendo normalmente mais caros que os veículos convencionais e híbridos, tendo a vantagem de poupar no combustível e ser isentos de pagar o IUC.

A sua autonomia varia tendo em conta o tipo de condução de cada utilizador, pois uma aceleração mais rápida reduz a distância a que o veículo pode chegar, sendo também influenciada se o veículo transportar cargas pesadas.

Os veículos elétricos são constituídos por um motor que converte a energia elétrica em energia cinética, por um conversor DC/DC que converte a energia DC de alta tensão da bateria de tração para a energia DC de baixa tensão necessária para fazer trabalhar o veículo e recarregar a bateria auxiliar, as baterias onde está armazenada toda a energia necessária para o funcionamento do veículo, uma tomada que permite que o veículo seja ligado a uma fonte de alimentação externa para carregar a bateria de tração, um motor elétrico de tração que usa a energia das baterias para mover as rodas do veículo, um controlador que atua sobre o fluxo de energia elétrica entregue pela bateria

de tração, controlando a velocidade do motor de tração elétrica e o binário que ele produz e por fim um sistema de refrigeração que mantém uma temperatura operacional apropriada ao motor e outros componentes. [20]

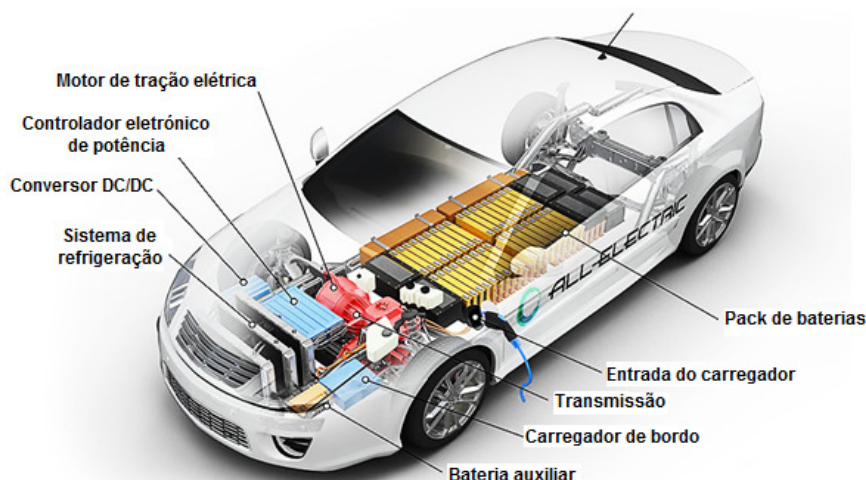


Figura 7- Componentes de um EV. Adaptado: [20]

2.3.4. Veículo elétrico com extensor de autonomia

Os veículos elétricos com extensores de autonomia ou “*range extender*” (REEV’s) são veículos que possuem uma fonte adicional de energia com a finalidade de aumentar a distância percorrida pelo veículo. Estes possuem um motor de combustão extra que é usado para alimentar o motor elétrico ou recarregar as baterias do veículo em andamento quando estas estiverem quase descarregadas, sendo que o motor elétrico é o único responsável pela alimentação direta do veículo.

Uma vantagem dos REEV’s é que o motor auxiliar pode ter um tamanho reduzido, uma vez que é necessário apenas quando o veículo excede sua autonomia elétrica. [21]

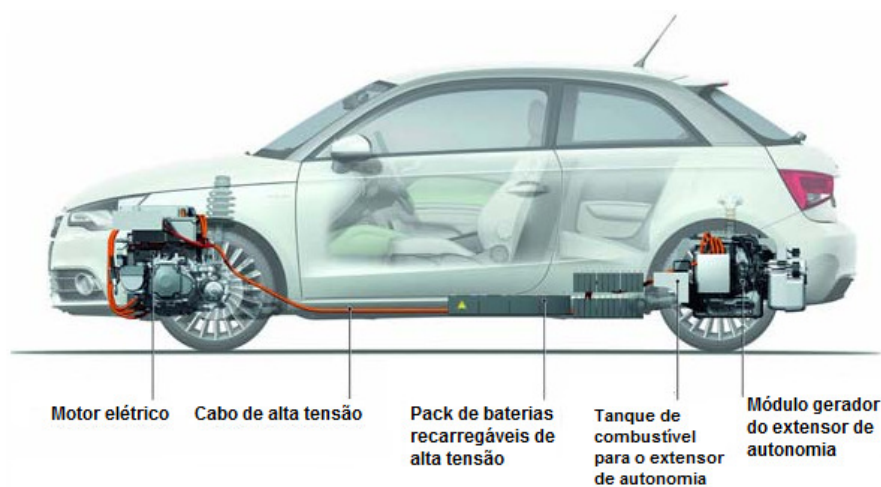


Figura 8- Componentes de veículo elétrico com extensor de autonomia. Adaptado: [22]

2.3.5. Veículos elétricos de células de combustível

Conhecidos como *fuel cell electric vehicles* (FCEV) estes são idênticos aos EV uma vez que se movem apenas com eletricidade, diferenciando-se na sua fonte de energia. Uma vez que são compostos por uma pilha de células de combustível, estes são abastecidos com hidrogénio que é armazenado num tanque montado no veículo, emitindo apenas água e calor, fazendo com que este veículo tenha zero emissões de escape.

As principais vantagens dos FCEVs sobre os EVs são os seus intervalos de condução mais longos e o reabastecimento mais rápido, semelhantes aos de um veículo convencional. Devido à dimensão atual e ao peso das pilhas de combustível, estas são mais adequadas para veículos de médio e grande porte que percorrem distâncias maiores. Esta tecnologia ainda está em desenvolvimento, havendo assim poucos modelos atualmente disponíveis no mercado. [23] [21]

Na imagem seguinte podemos ver a composição de um de um FCEV.

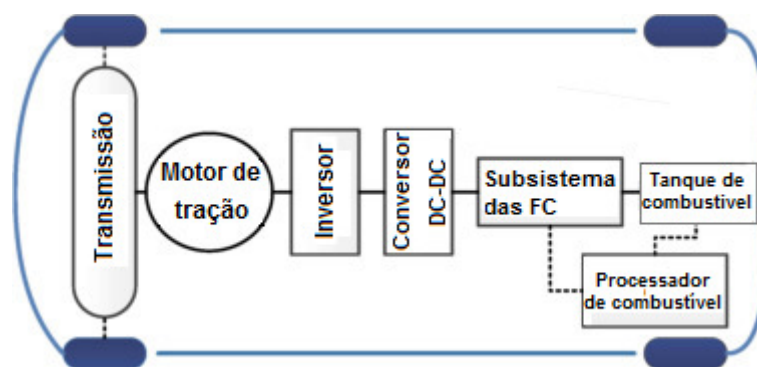


Figura 9- Componentes de um FCEV. Adaptado: [23]

2.4. Emissões

Os veículos movidos a eletricidade foram criados com o intuito de reduzir as emissões de gases de efeito de estufa para a atmosfera, que é um dos principais problemas ambientais atualmente, criando assim um meio ambiente isento de CO₂. Apesar dos veículos elétricos não produzirem emissões CO₂ durante a sua utilização, essas emissões ocorrem antes e depois destes serem comercializados. Estas emissões são originadas na produção dos veículos, principalmente na produção das suas baterias e também no carregamento dos veículos elétricos. A simples produção das baterias de lítio corresponde a emissões de 150 a 200 kg de dióxido de carbono por cada kWh de energia gerada pela bateria. [24]

No carregamento dos veículos elétricos também existem emissões, pois nem toda a eletricidade é limpa apesar de mais de metade desta ser proveniente de energias renováveis, principalmente a solar e a eólica. Os sistemas de energias renováveis nem sempre estão a produzir energia quando esta é desejada, sendo necessários combustíveis fósseis para produzir energia elétrica como é o caso do carvão ou o gás natural, emitindo CO₂ para a atmosfera. O carregamento dos veículos

elétricos poderá ser feito a determinadas horas do dia, quando a maior parte da energia provem de fontes renováveis, sobretudo no horário noturno quando as eólicas produzem mais energia elétrica, tendo também a vantagem do preço da energia durante a noite ser mais barata, dependendo da tarifa usada pelo utilizador. À medida que a necessidade de energia renovável vai aumentando na rede, mais energia de backup precisa estar disponível para quando o vento não sopra e o sol não brilha, havendo a necessidade de novas tecnologias de armazenamento de energia, para armazenar o excesso de energia produzido por fontes renováveis e mais tarde poder utilizá-la de forma limpa.

Na figura 10, encontram-se as emissões de gases de efeito estufa da produção e do uso de veículos elétricos e convencionais em cinco países que representam mais de três quartos das vendas de veículos elétricos europeus até meados de 2017, pormenorizando as contribuições do fabrico de baterias de iões de lítio, fabrico de veículos, emissões de escape e emissões de ciclo de combustível a montante. [25]

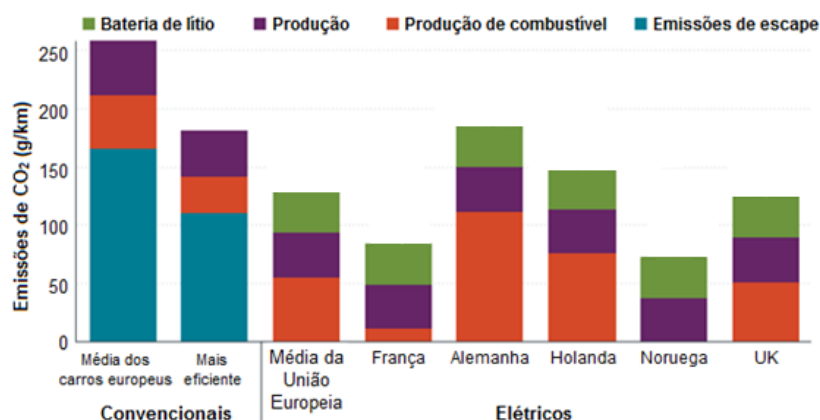


Figura 10- Emissões do ciclo de vida (mais de 150.000 km) de veículos elétricos e convencionais na Europa em 2015. Adaptado: [25]

Uma vez que a análise do ciclo de vida completo de um veículo é muito rigorosa, na figura 10 apenas foram analisadas as emissões da sua produção, incluindo as baterias e as emissões efetuadas durante a sua utilização, não contabilizando as emissões no seu fim de vida quando estes são reciclados. Na produção dos veículos elétricos é despendida uma maior quantidade de energia, levando também a que quantidade de emissões sejam superiores em relação à produção de veículos convencionais, principalmente devido à produção das baterias. A sua produção requer a extração e refinação de metais de terras raras e consome muita energia devido ao alto calor e às condições estéreis envolvidas. A maioria das baterias de iões de lítio em veículos elétricos na Europa em 2016 foram produzidas no Japão e na Coreia do Sul, onde cerca de 25 a 40% da produção de eletricidade é proveniente do carvão.

Em norma, os EV têm emissões de gases de efeito estufa muito mais baixas que um carro típico na Europa, juntando as elevadas emissões na produção de baterias. Na Europa, um EV em média produz 50% menos gases com efeito de estufa durante os primeiros 150 000 quilómetros de condução, embora o benefício relativo varie de 28 para 72%, dependendo da produção local de

eletricidade. Um EV na Europa produz menos 29% de emissões quando comparado ao veículo de motor de combustão interna mais eficiente.

Os veículos elétricos híbridos plug-in também produzem emissões durante o seu ciclo de vida. Na figura 9, pode comparar-se um elétrico híbrido plug-in com os veículos elétricos e os veículos convencionais relativamente às emissões de gases de efeito estufa durante o seu ciclo de vida na Europa. Exatamente como acontece com os veículos elétricos a bateria, as emissões de um veículo híbrido plug-in são muito mais baixas que as emissões de um veículo de combustão interna.

Na figura 11, foi assumido que a maior parte da condução diária é alimentada através da energia elétrica armazenada na bateria. Normalmente, na maioria dos países as emissões de um veículo elétrico com baterias são inferiores a um veículo elétrico plug-in, à exceção da Alemanha, pois aqui a rede elétrica tem uma maior quantidade de carbono, uma vez que a eletricidade é produzida sobretudo a partir de combustíveis fósseis. [25]

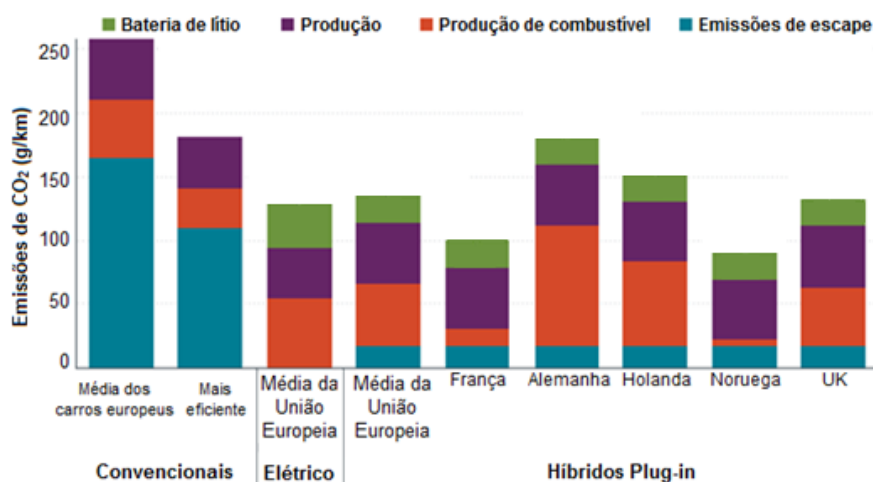


Figura 11- Comparação das emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida em veículos híbridos convencionais, elétricos e plug-ins em vários mercados europeus. Adaptado: [25]

2.5. Gama de veículos elétricos

São vários os veículos elétricos existentes, desde carros, camiões, motos, bicicletas, etc. Neste ponto serão descritos cada um deles e analisadas as suas principais características.

2.5.1. Carros

Como já foi dito no ponto anterior, um carro elétrico é um veículo que possui um motor elétrico como fonte primária de propulsão, podendo somente usar energia elétrica no seu funcionamento. Esta energia elétrica pode ser armazenada em baterias instaladas nos veículos que são carregadas através de uma tomada elétrica ou então num posto de carregamento.

Em 2017, foram vendidos no total 3 585 carros elétricos, sendo que o modelo mais vendido foi o Renault Zoe com 657 unidades, seguido pelo BMW 330e com 313 e ultrapassando o veterano Nissan Leaf com 295 unidades. [26]

Tabela 1- Carros elétricos mais vendidos em 2017 [26]

Modelo	Novembro 2017	Janeiro-Novembro 2017
Renault ZOE	83	657
BMW 330e	64	313
Nissan Leaf	16	295
BMW 530e	46	269
BMW i3	17	243
Total do Mercado	490	3.585

Vantagens e desvantagens

A aquisição de veículos elétricos prende-se com inúmeras vantagens, de entre as quais, o tempo de recarga das baterias. Consoante o tipo de carregamento efetuado, este pode demorar entre 6 a 8 horas, ou então, 20 a 30 minutos caso o veículo seja carregado num posto de carregamento rápido, carregando 80% da bateria. Uma outra vantagem, é a sua condução agradável e silenciosa, tendo emissões de escape nulas.

A eficiência dos motores elétricos é muito maior do que nos veículos convencionais e, quando comparados com os mesmos, alguns exemplares como o Tesla Model S P100D conseguem ser mais rápidos, atingindo 97 km/h em apenas 2,3 segundos.

Os veículos elétricos são considerados veículos muito seguros, pois é praticamente impossível que um carro conduzido por uma bateria expluda num impacto, dado ao facto das baterias pesadas diminuírem significativamente o centro de massa de um EV diminuindo as probabilidades de despiste.

A substancial subida de preço dos combustíveis fósseis (gasóleo, gasolina) é também outra questão que torna os elétricos mais vantajosos, pois o custo de carregamento com energia elétrica é bastante inferior ao preço dos combustíveis.

Os veículos elétricos podem ser estacionados gratuitamente em todos os parques de estacionamento que são pagos, estando isentos do pagamento do ISV no momento da aquisição e do IUC pago anualmente. [27] [28]

Por último, o preço de manutenção é muito mais barato nos EV, com o valor de 1 156 € a cada 120 000 km. Um veículo convencional vai à oficina fazer a revisão a cada 15 000 km e necessita de trocas de óleo, da correia de distribuição, do filtro do ar ou do combustível, ao contrário dos elétricos que requerem apenas de uma pequena revisão a cada 5 000 horas de uso, que é o tempo que um carro convencional precisa para fazer uma média de 50 000 km. [29]

Em contrapartida, apesar da boa autonomia de alguns veículos, quando comparada aos veículos de combustão esta ainda é muito reduzida. A maioria das autonomias varia entre os 100 e os 300 km e são poucos os que conseguem ter valores superiores, como é o caso da Tesla, que tem a maior autonomia do mundo, podendo chegar aos 500 km.

Atualmente, ainda existem poucas opções de compra, mas espera-se que várias marcas de automóveis comecem a produzir veículos elétricos em larga escala nos próximos anos. [27]

2.5.2. Camiões

No ano de 2015, quase 73% do total das emissões de gases com efeito de estufa foram causadas pelos transportes rodoviários, incluindo a aviação e o transporte marítimo internacional. Destas emissões, 44,5% derivaram de automóveis ligeiros de passageiros e 18,8% vieram de veículos pesados. Para cumprir o objetivo da EU em reduzir as emissões em 60% até 2050, para um nível de 60% inferior ao de 1990, estas terão de ser reduzidas em cerca de 68%. [30]

De forma a cumprir este objetivo, existem várias empresas que estão a fazer testes e a fabricar camiões elétricos, como é o caso da Tesla e da Fuso. Relativamente à Tesla, esta está a construir um camião elétrico, o Tesla Semi com 800 km de autonomia que pode custar no mínimo 150 000 €, o custo elevado deste camião é sobretudo devido ao preço das baterias com uma capacidade de 800 a 1000 kWh com o valor de 127 € por kWh e com o objetivo de reduzir até 84 € por kWh até 2020. [31]

Uma outra empresa que está a produzir camiões elétricos é a Fuso, esta é uma empresa pertencente ao grupo Daimler e está a desenvolver o Fuso eCanter, que segundo o gabinete de marketing da empresa é o primeiro veículo comercial com uma propulsão 100% elétrica e com uma autonomia real de 100 km devido ao seu pack de baterias de 82,8 kWh, com um preço abaixo dos 100 000 €.

Vantagens e desvantagens

Algumas das vantagens dos camiões elétricos são as suas economias em termos de combustível e manutenção, uma vez que não necessitam de mudanças de óleo e têm menos desgaste nos travões devido à travagem regenerativa existente nos veículos elétricos. O preço da eletricidade usada para recarregar as baterias é mais baixo do que o gasóleo ou gasolina e as reparações do motor e da transmissão são significativamente mais reduzidas.

A principal desvantagem destes veículos é o seu preço, porque apesar da eletricidade ser mais barata que o combustível fóssil, o valor de aquisição do camião elétrico é muito mais elevado que um camião a gasóleo ou gasolina, sendo a principal dificuldade na sua aquisição. Também existe o problema da autonomia, pois os camiões necessitam de autonomias elevadas para fazer as suas viagens.

2.5.3. Motas

As motas elétricas têm características semelhantes aos carros, sendo que a eletricidade é armazenada numa bateria, utilizando também motores elétricos para fazer andar as rodas.

Vantagens e desvantagens

Analisando as suas características, verifica-se que elas não emitem CO₂ durante o seu uso, são praticamente silenciosas, o preço do combustível é muito inferior ao de uma moto a gasolina, as baterias são de lítio e podem ser carregadas em qualquer tomada elétrica existente nas habitações ou num posto de carregamento público. As motos elétricas são livres de impostos rodoviários, o seu custo de manutenção também é inferior comparado às motos a gasolina, uma vez que não existe mudança de velas ou óleo, rondando os 0,40 €/100km e são mais acessíveis que os carros elétricos em termos de preços. O que é mais caro na manutenção das motos elétricas é a substituição das suas baterias, que ronda valores entre os 300 e os 1200 €, caso estas sejam de lítio podem realizar mais de 2500 ciclos de carga/descarga. [32], [33], [34]

Em contrapartida, o custo inicial é superior ao de uma moto a gasolina, o tempo de recarga é maior podendo chegar a 8 h e as baterias não podem armazenar tanta energia como um tanque de gasolina, pois uma bateria carregada aguenta pouco mais que 200 km. [32]

Entre janeiro e junho de 2017 foram vendidas na UE 13 089 motos elétricas, representando um aumento de 30,5% em relação ao mesmo período de 2016, em que foram vendidas 10 576 unidades. Durante os primeiros seis meses de 2017, foram registrados 10 204 ciclomotores elétricos, 1 995 motocicletas elétricas e 1 610 quadriciclos na UE.

Os países com maior número de motocicletas registadas foram: França (615), Espanha (444) e Alemanha (325) e Áustria (146). Os maiores registros de ciclomotores foram registrados em França (3 116), Países Baixos (2 516), Bélgica (2 013) e Espanha (774). [35]

2.5.4. Bicicletas

Hoje em dia, a maioria das pessoas usa o seu veículo pessoal, geralmente um carro, para se deslocar para o local de trabalho, para levar os filhos à escola ou para ir a outros locais de interesse. Uma vez que é necessário esforço físico para caminhar ou andar de bicicleta e devido às situações climáticas este tipo de opções é muitas vezes evitado.

Deste modo, dado que uma grande percentagem de emissões de carbono provém dos veículos motorizados, é necessário um meio de transporte alternativo para nos deslocarmos em viagens mais curtas, é o caso das bicicletas elétricas (e-bikes). As bicicletas elétricas possuem um motor elétrico integrado juntamente com uma bateria recarregável, que pode ser usado para impulsão e reduzir a energia despendida pelo piloto para pedalar. Estas podem ser usadas eletricamente através do motor, pedalando normalmente como uma bicicleta comum ou então usar os dois sistemas em simultâneo, por exemplo quando estamos a subir alguma encosta reduzindo assim o esforço humano.

Vantagens e desvantagens

Estas têm um grande potencial e contribuem para o futuro do transporte pessoal ao mesmo tempo em que oferece benefícios de atividade física e bem-estar, pois são mais baratas que os carros e as suas emissões globais são significativamente menores em relação aos veículos motorizados. As suas emissões podem derivar do seu carregamento, pois nem sempre a energia elétrica provem de energias renováveis, sendo usados combustíveis fósseis para a sua produção e emitindo assim gases de efeito de estufa.

A aquisição de eBikes aumentou em todo o mundo, nos países baixos aproximadamente 1 em cada 20 cidadãos holandeses possui uma, na China mais de 200 milhões são usadas regularmente, enquanto na Suíça são promovidas como uma opção de transporte mais ecológica. [36]

2.6. Modos de carregamento

Apesar de limitada, a autonomia dos EV e até dos PHEV é suficiente para realizar os percursos diários da generalidade dos condutores em modo totalmente elétrico. Por sua vez, a rede de infraestruturas para o carregamento do veículo elétrico pode ser constituída por postos de carregamento normal ou rápido, consoante o fabricante dos veículos e a instalação elétrica das infraestruturas. Caso seja necessário repor parte da energia na bateria é preferível optar pelo carregamento normal até ter a energia necessária para efetuar o percurso pretendido, pois este tipo de carregamento pode ser interrompido em qualquer momento não sendo necessário fazer o carregamento completo da bateria, podendo fazer-se este procedimento mais do que uma vez por dia sem que isso afete o tempo de vida das baterias ou contribua para a degradação das suas características. Assim, parece fundamental implementar uma rede de infraestruturas funcional, cujos postos de carregamento estão estrategicamente localizados e acessíveis a todos os utilizadores.

A norma internacional IEC 61851 define quatro modos de carregamento possíveis para os veículos elétricos, são eles:

2.6.1. Modo de carga Tipo 1

É o sistema de carregamento mais simples do mercado, pois os veículos são ligados a tomadas domésticas normais com terra ou a tomadas industriais de acordo com a norma IEC 60309, com uma corrente não superior a 16 A, com uma tensão não superior a 250 V em circuitos monofásicos, ou a 480 V em circuitos trifásicos. O circuito de alimentação é constituído por condutores de fase, neutro e de proteção. [28], [37]

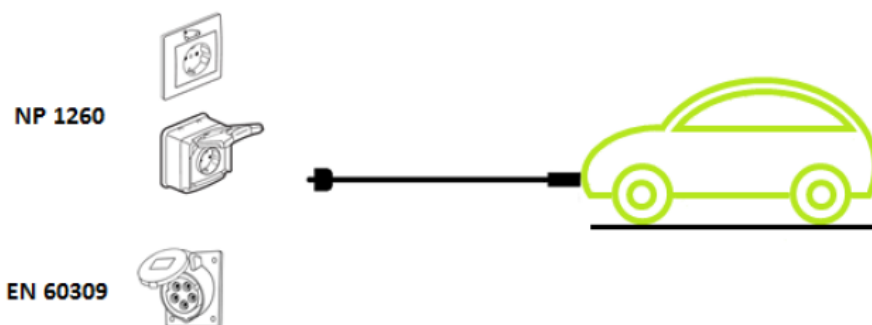


Figura 12- Carregamento-Modo 1 [28]

2.6.2. Modo de carga Tipo 2

Neste modo são usadas tomadas com as mesmas características do modo 1, mas neste caso com uma corrente não superior a 32 A, podendo demorar entre 8 a 12 h o seu carregamento. O circuito de alimentação é constituído por condutores de fase, neutro e de proteção com uma função piloto, e com um sistema de proteção para as pessoas contra os choques elétricos por meio de um dispositivo diferencial localizado entre o veículo e a ficha. Neste modo, a conexão do veículo com a ficha é através de um cabo com um sistema de eletrónica envolvido, existindo assim uma segurança no carregamento e utilização adequada da capacidade das baterias. [28], [32], [37]

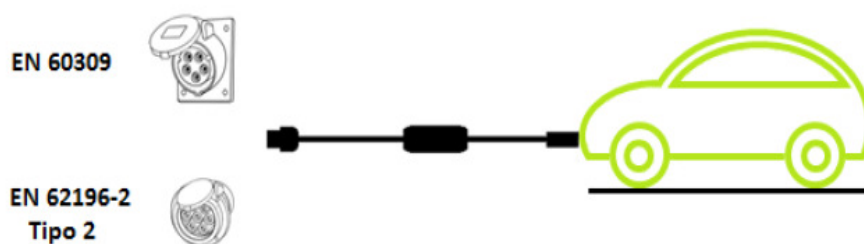


Figura 13- Carregamento-Modo 2 [28]

2.6.3. Modo de carga Tipo 3

Este é um sistema de carregamento dedicado para VE, pois estes são ligados diretamente à instalação elétrica por meio de um sistema de alimentação de veículos elétricos (SAVE) dedicado, onde a função piloto se vai estender aos aparelhos de controlo localizados no interior do SAVE, que são permanentemente alimentadas pela estação elétrica. O piloto de controlo tem várias funcionalidades, tais como, verificação da ligação correta da tomada, percorre o cabo e o veículo para verificar a continuidade da terra de proteção, desliga a tomada sem tensão e comunica o valor da corrente. Estes postos de carregamento incorporam vários sistemas de proteção, leds (sinalizadores do estado de carregamento), temporizadores, contadores, etc. [28], [37]

Este modo de carregamento pode demorar entre 2 a 8 horas a abastecer por completo o veículo, sendo mais rápido do que os modos 1 e 2, desenvolvido de acordo com a norma internacional IEC 62196.

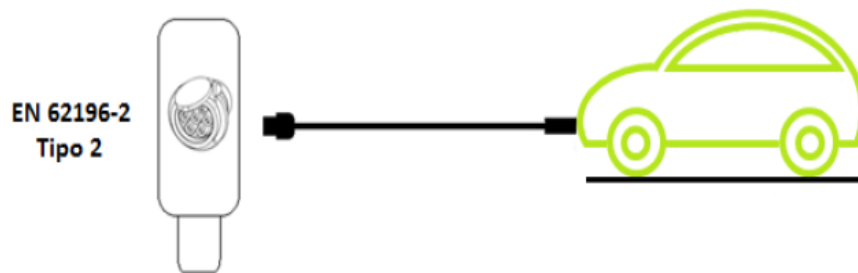


Figura 14- Carregamento-Modo 3 [28]

2.6.4. Modo de carga Tipo 4

Este tem uma ligação indireta do VE à instalação elétrica por meio de um carregador externo onde a função piloto se estende aos aparelhos ligados em permanência à instalação. Geralmente, encontra-se nos espaços de carregamento públicos, sendo denominado como modo de carregamento rápido através de uma corrente contínua de alta intensidade, estando regulada pela norma japonesa IEC 61000 CHAdeMO, que é a mais amplamente aceite para o carregamento rápido em vários países no mundo e adotada por diversos fabricantes da indústria automóvel. O tempo de carregamento pode variar entre 20 a 30 minutos para carregar 80% da capacidade da bateria e devem ser instalados perto das vias rápidas, pois é onde os veículos têm menos tempo para fazer o seu carregamento. O carregamento rápido é realizado através de um sistema trifásico, que utiliza uma tensão até 480 V, uma corrente de 32 A, 63 A ou 100 A e uma potência que varia entre 22 kW até 50 kW.

O posto de carregamento é constituído por um armário de carregamento e um cabo preso ao armário que vai ligar ao veículo, durante o carregamento é o veículo que controla o carregador através de comunicação no cabo, não havendo perigo do carregador injetar corrente de forma prejudicial para o veículo. [28], [37]

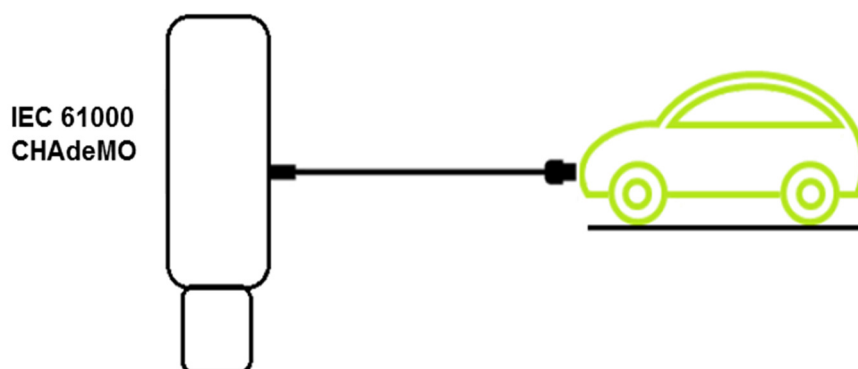


Figura 15- Carregamento-Modo 4. Adaptado: [28]

2.7. Tecnologias de armazenamento de energia

O armazenamento de energia é indispensável para diversos sectores de atividade e para além do seu importante papel nos dispositivos eletrónicos (telemóveis, portáteis, tablets, etc), desempenha também funções importantes na indústria, principalmente quando é necessária uma fonte de energia constante e estável.

Devido à grande quantidade de energia elétrica produzida através de fontes renováveis a nível mundial, principalmente solar e eólica, existe no mercado um leque de tecnologias para armazenamento de energia elétrica com características mecânicas, eletroquímicas e físicas, podendo ser utilizadas em vários ambientes com diferentes escalas e modos de aplicação, pois as condições locais e operacionais devem ser tomadas em conta para a escolha da tecnologia mais adequada.

A energia que é armazenada pode ser mais tarde utilizada quando a sua produção for menor e existir a necessidade de uma maior quantidade de energia, permitindo manter um balanço adequado entre a produção e o consumo, ou seja, nas horas do vazio em que o consumo de energia é baixo, o excesso de energia produzida é guardado nas tecnologias de armazenamento para depois ser utilizado nas horas de ponta, onde o consumo de energia é maior. [38]

Neste capítulo serão descritas algumas dessas tecnologias de armazenamento de energia, podendo ser utilizadas nos veículos elétricos.

2.7.1. Ar comprimido

O armazenamento em ar comprimido é comparado ao funcionamento de uma turbina a gás, só que consome menos 40% de combustível para produzir a mesma quantidade de energia.

A energia elétrica é armazenada sob a forma de ar comprimido a altas pressões em cavernas de sal rochosas subterrâneas, aquíferos e também depósitos de gás ou petróleo esgotados. Quanto mais frio estiver o ar durante a sua compressão, maior será a quantidade que pode ser armazenada.

Quando a rede elétrica necessitar de energia, o ar comprimido é retirado da caverna e aquecido, sendo depois expandido com o auxílio de turbinas de alta e baixa pressão que convertem a maior parte da energia do ar comprimido em energia cinética. Durante o funcionamento das turbinas são libertados gases de escape, sendo aproveitados com a ajuda de um recuperador de calor para aquecer o ar do interior da caverna.

Existem 6 componentes importantes numa instalação de ar comprimido, são eles: um compressor de ar, um motor utilizado para ligar as turbinas e o compressor, um recuperador de calor, um centro de controlo onde se pode ver o funcionamento do sistema, um sistema auxiliar que consiste em sistemas mecânicos e elétricos para eventuais necessidades de trocas de calor e a caverna subterrânea para armazenar o ar comprimido.

Apesar de ter uma baixa eficiência (71%) comparada a outras tecnologias, é a única tecnologia que possibilita o armazenamento de grandes quantidades de energia durante um grande período

de tempo, podendo armazenar energia durante 1 ano ou mais, tornando as perdas de energia menores. O principal entrave à aplicação desta tecnologia é a fraca existência de cavernas subterrâneas adequadas para fazer o armazenamento de energia. [38]

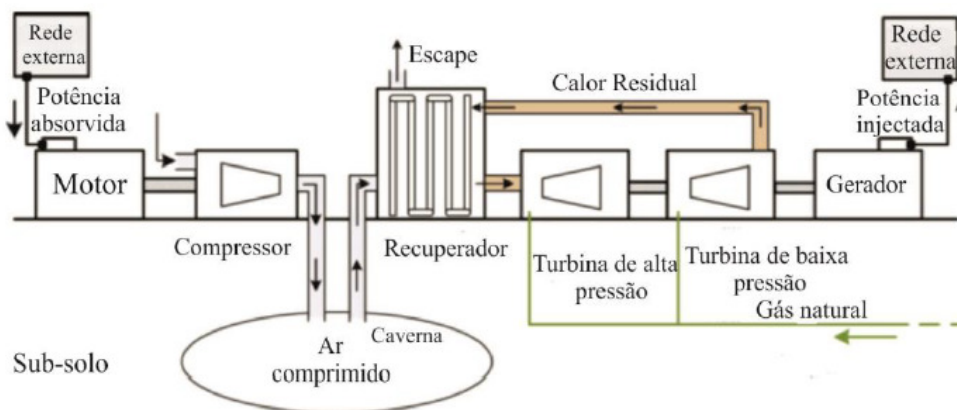


Figura 16- Componentes de um sistema de ar comprimido [38]

2.7.2. Pilhas de combustível

A pilha de combustível consiste num conversor eletroquímico de energia que converte continuamente o combustível fornecido (hidrogénio) em energia elétrica, alguma energia térmica através de um oxidante (oxigénio) e água como subproduto da reação. Resumindo, o seu princípio de funcionamento não é mais que uma reação redox, na qual o oxigénio é o oxidante e o hidrogénio o redutor, ocorrendo uma conversão direta da energia química de um combustível em energia elétrica através de uma reação eletroquímica contínua. Se o combustível utilizado for hidrogénio puro, não serão produzidas partículas prejudiciais para o meio ambiente, uma vez que o subproduto desta reação é água. [38]

No que diz respeito ao armazenamento de energia, a pilha de combustível é composta por um eletrolisador que produz combustível, de modo a que esta seja uma célula de combustível regenerativo (RFC), convertendo a energia elétrica em hidrogénio para que este possa ser armazenado. Quando houver necessidade de energia, o combustível (hidrogénio) é utilizado para criar uma reação na célula de forma a fornecer energia elétrica. O armazenamento é um dos principais problemas desta tecnologia pois são necessários grandes depósitos para armazenar o hidrogénio devido à sua baixa densidade energética, sendo necessário comprimi-lo antes de o armazenar. [39]

Para que tudo funcione na perfeição, existe também um subsistema equipado com um dispositivo de conversão de energia de baixa temperatura e com uma célula de combustível PEM (membrana polimérica eletrolítica). Aqui o hidrogénio e o oxigénio são fornecidos aos elétrodos, produzindo energia elétrica e água como subproduto da reação. [38]

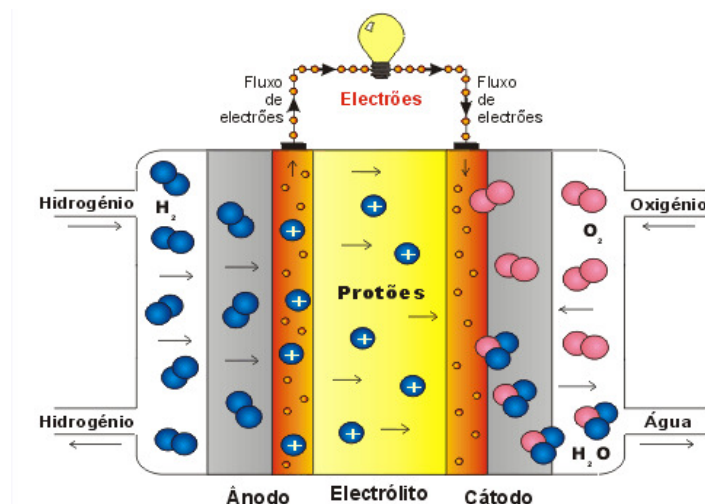


Figura 17- Funcionamento de uma pilha de combustível [40]

2.7.3. Supercondensadores

Os supercondensadores podem ser classificados como condensadores elétricos de dupla camada (EDLC) e os pseudo-condensadores. Os EDLC que são os mais utilizados atualmente e são os que necessitam de menos custos para a sua produção, sendo constituídos por dois elétrodos que são mergulhados num eletrólito sólido ou líquido e separados por uma membrana que vai permitir a passagem dos iões, manter um bom isolamento físico entre os dois elétrodos e ser permeável à passagem dos iões. Os eletrólitos devem ter uma alta condutividade iónica, uma boa estabilidade química e eletroquímica, têm de ser compatíveis com todos os elementos do supercondensador e ter um impacto ambiental reduzido.

Ao contrário das baterias, estes têm um tempo de carregamento muito reduzido, com a desvantagem de conseguir armazenar uma baixa quantidade de energia. Podem ser utilizados em situações em que existem muitos ciclos de carga-descarga, como é o caso dos veículos elétricos. Por fim, os EDLC são mais eficientes e ecológicos, pois desperdiçam menos energia e causam um impacto ambiental mais reduzido comparado a um sistema elétrico convencional.

Por outro lado, os pseudo-condensadores comparados aos de dupla camada têm uma tensão e potência máxima inferiores, os seus ciclos de vida mais pequenos e têm um peso muito superior. Mas nem tudo é mau, pois os pseudo-condensadores apresentam uma capacidade superior e uma densidade energética mais elevada. [38], [41]

Na tabela 2, está a comparação entre uma bateria e um supercondensador.

Tabela 2- Comparação entre uma bateria e um supercondensador [41]

Tecnologia	Bateria	Supercondensador
Tempo de carga	1 – 5 horas	0,3 – 30 segundos
Tempo de descarga	0,3 – 3 horas	0,3 – 30 segundos
Densidade de energia (Wh/Kg)	10 – 100	1 – 10
Ciclo de vida	1000	>500 000
Densidade de potência (W/Kg)	<1000	<10 000
Eficiência de carga/descarga	0,7 – 0,85	0,85 – 0,98
Temperatura de operação (°C)	-20 – 100	-40 – 65

2.7.4. Volantes de inércia (*flywheels*)

Os volantes de inércia são designados como uma massa que roda em torno de um eixo ou uma bateria mecânica que armazena a energia mecânica resultante dessa rotação em energia cinética.

Um volante não é mais que um disco giratório acoplado a um eixo que acelera quando lhe é aplicada energia elétrica. Quando existe necessidade de energia o volante vai continuar a girar, mas neste caso para converter a energia cinética novamente para energia elétrica e depois injetada onde for necessário. Sendo este um sistema rotativo, quanto maior for a velocidade ao girar o volante maior será a quantidade de energia obtida e armazenada e uma vez que se aumenta a velocidade aumenta também a tensão no volante, requerendo assim um material mais forte e mais caro para o rotor. [42], [39]

A constituição dos volantes de inércia é feita por um volante rotativo, por supercondutores, pelos rolamentos do rotor, por uma bobina supercondutora e por um motor que gera energia. [38]

Uma das principais características desta tecnologia de armazenamento é a sua alta eficiência, com 90% da potência nominal. Os *flywheels* tem pouca manutenção e uma vida útil extensa pois alguns volantes são capazes de superar 100 000 ciclos de descarga, tendo também um impacto ambiental muito reduzido.

Estas são aplicadas por exemplo em centrais de produção através de energias renováveis, são utilizadas para fornecer energia quando esta é insuficiente e também para fazer o armazenamento de energia quando está a ser produzida em excesso. Devido à sua elevada taxa de auto-descarga estes não são adequados para armazenar energia durante muito tempo. [42], [39]

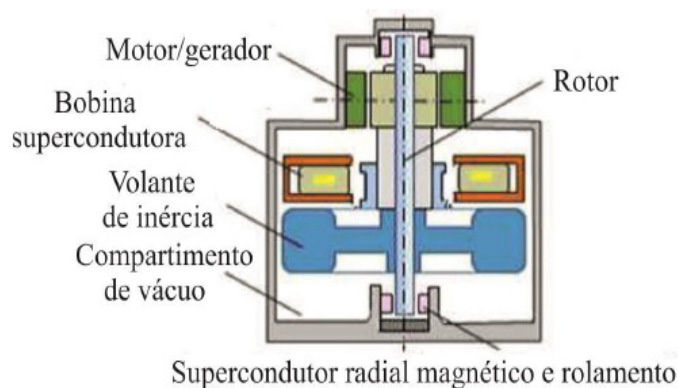


Figura 18- Constituintes de um volante de inércia [38]

2.7.5. Bobinas supercondutoras

Este tipo de tecnologia é um dispositivo que consegue armazenar energia num campo magnético de uma bobina com espiras constituídas por um material supercondutor, onde circula uma corrente contínua.

As bobinas supercondutoras têm uma resistência elétrica muito baixa, por este motivo a corrente pode ser criada na bobina em circuito fechado durante um longo espaço temporal, mantendo energia armazenada para que mais tarde possa ser utilizada quando a produção de energia for mais escassa. A sua constituição é feita por três componentes, são eles o sistema de carga, o sistema onde é armazenada a energia e um sistema para a saída de energia.

Uma das principais vantagens desta tecnologia de armazenamento é a sua elevada eficiência, pois as perdas na bobina supercondutora são muito poucas, tendo uma vida útil e um número de cargas e descargas mais elevadas. Por outro lado, devido ao seu elevado custo de implementação e à força eletromagnética criada pela bobina pela grande quantidade de corrente do campo magnético, leva a que existam poucos sistemas deste tipo. [38]

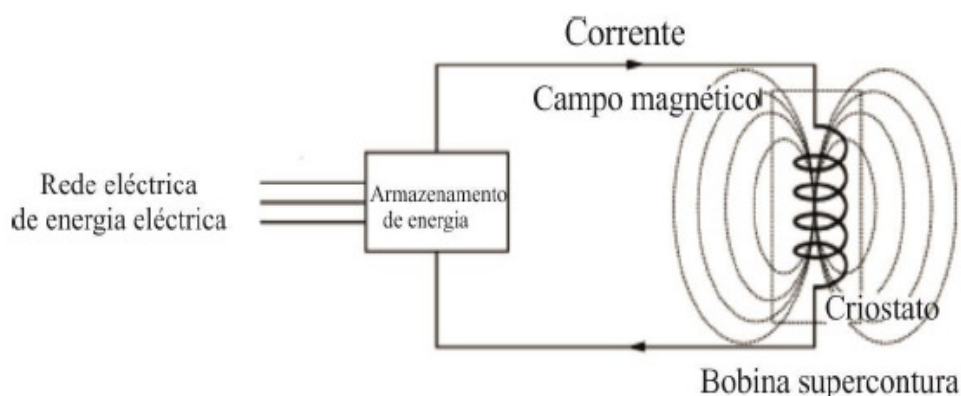


Figura 19- Esquema de um Sistema de bobinas supercondutoras [38]

2.7.6. Baterias

As baterias podem ser compostas por duas ou mais células eletroquímicas, armazenando a energia na forma química para mais tarde no processo de descarga ser convertida em energia elétrica na forma de corrente contínua, acontecendo o processo contrário quando a bateria é carregada.

Devido aos vários processos de carga-descarga a bateria começa a ficar desgastada, diminuindo assim a sua capacidade de armazenamento, afetando o tempo de vida útil do equipamento.

Podem ser feitas várias coisas para melhorar o tempo de vida das baterias, uma delas é evitar que a bateria descarregue ou carregue totalmente, fazendo com que estas durem 3 a 4 vezes mais. Outra forma é o local onde são usadas, devendo evitar temperaturas extremas, tanto baixas como altas e por fim usar os modos de carregamento mais lentos, evitando os carregamentos rápidos.

Relativamente à sua instalação, elas podem ser instaladas em série com o objetivo de obter tensões mais elevadas ou em paralelo para aumentar a corrente.

Existem vários tipos de baterias, desde as de chumbo-ácido, ião-lítio, ião-lítio polímero, níquel-cádmio e sulfureto de sódio, contudo estas têm um tempo de vida útil e cíclico baixo à exceção das ião-lítio que atingem tempos de vida maiores se operarem com ciclos adequados. Para projetos de armazenamento em grande escala como é o caso dos veículos elétricos, são utilizadas baterias de chumbo-ácido e níquel-cádmio. [38]

2.7.6.1. Chumbo-ácido

Estas baterias são usadas em automóveis, empilhadores e grandes sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta ou então em equipamentos hospitalares como as cadeiras de rodas elétricas.

Este tipo de baterias pode ser SLA (*Sealed Lead Acid* – bateria selada chumbo-ácido) ou VRLA (*Valve Regulated Lead Acid* – bateria chumbo-ácido regulada por válvula), sendo ambas iguais tecnicamente. As SLA são utilizadas em “*nobreaks*” para computadores, pequenas unidades de iluminação de emergência e cadeiras de rodas elétricas, enquanto as VRLA são utilizadas em aplicações estacionárias, como por exemplo, em centros de distribuição de energia, hospitais, bancos, aeroportos e instalações militares.

Relativamente à sua constituição, temos o ânodo que é chumbo, o cátodo que é óxido de chumbo (PbO_2) e um eletrólito com uma solução de ácido sulfúrico. As placas são imersas no eletrólito de ácido sulfúrico diluído, sendo que a combinação do ácido sulfúrico com o chumbo e o óxido de chumbo produzem sulfato de chumbo e água, libertando energia elétrica durante o processo, originando a seguinte equação:



Estas baterias possuem células individuais com uma tensão nominal de 2 V cada uma, sendo que os carros possuem uma bateria com 6 células, fornecendo assim uma tensão elétrica de 12 V.

Vantagens e desvantagens

Uma das características mais notáveis da bateria de ácido-chumbo é a sua resistência interna extremamente baixa, fazendo com que a queda de tensão como corrente seja mais pequena. Em contrapartida, estas têm um número limitado de ciclos de carga e descarga e são prejudiciais para meio o ambiente devido ao seu eletrólito, sendo necessário fazer a sua reciclagem. Por fim, têm uma auto descarga baixa, podendo ser mais rápida ou mais lenta consoante a temperatura das células, necessitam de baixa manutenção e têm elevadas taxas de descarga. [38], [43], [44]

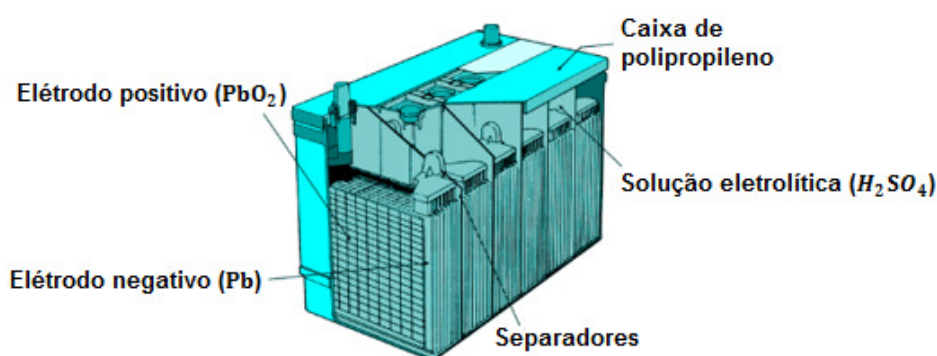


Figura 20- Bateria de Chumbo e seus constituintes. Adaptado: [45]

2.7.6.2. *lão-lítio (Li-On)*

Este tipo de baterias é utilizado na maior parte dos produtos eletrônicos (telemóveis, computadores, etc.), uma vez que possuem uma elevada densidade de energia, podendo ser retangulares ou cilíndricas.

Na sua constituição é usado um óxido de intercalação de metal de lítio para o eléttrodo positivo (cátodo) e carbono lítio para o eléttrodo negativo (ânodo), o eletrólito é uma solução orgânica líquida ou um polímero sólido. A energia elétrica é obtida a partir da reação do carbono do lítio com o óxido de lítio-metal, formando carbono e óxido de lítio-metal, originando a seguinte equação:



Um aspeto importante a ter em conta neste tipo de baterias é a necessidade de um controlo preciso da tensão quando é feito o carregamento das células de lítio, pois se for alta demais pode danificar a bateria e se for muito baixa a bateria não ficará carregada o suficiente. [43]

Vantagens e desvantagens

As baterias de íão-lítio têm algumas vantagens em relação a outras baterias, pois têm peso menor devido ao seu material constituinte (lítio) e uma vez que este é altamente reativo vai aumentar a capacidade de armazenamento de energia, tornando-as muito requisitadas para os veículos elétricos. Estas baterias não têm substâncias tóxicas e possuem uma grande capacidade de manter a sua carga, o que vai aumentar o seu tempo de vida. Por outro lado, o seu fabrico é um pouco caro e necessitam de mais cuidados devido à sua alta densidade de energia. [43]

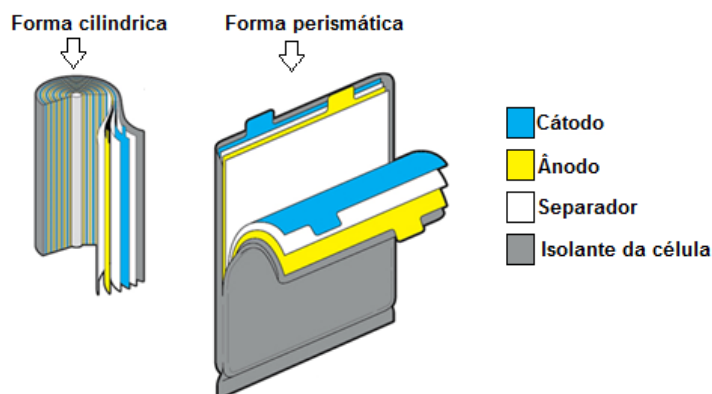


Figura 21- Bateria de íão- lítio. Adaptado: [46]

2.7.6.3. Íões-Lítio Polímero (Li-Pos)

Estas são mais baratas que as de íão-lítio (Li-On) e os polímeros secos oferecem simplificações no que diz respeito à fabricação, rugosidade, segurança e geometria de perfil fino, têm alta mobilidade catódica e boa estabilidade eletroquímica. As baterias são recarregáveis e têm ânodos de metal de lítio que são capazes de fornecer tanto alta tensão quanto excelente capacidade, resultando numa extraordinária densidade de energia alta. O cátodo é composto por fosfato de ferro de lítio (LiFePO_4), um elemento perfeito para as baterias de lítio, devido ao nivelamento entre as duas fases e ao processo carga-descarga. Contudo, este tipo de elétrodos tem tendência para perder capacidade com o aumento da densidade de corrente.

A diferença entre estes dois tipos de baterias é o seu eletrólito, um consiste numa mistura óxido etileno (PEO) com um sal de lítio e o outro envolve membranas de gel. Sendo que as temperaturas destes eletrólitos poliméricos variam entre os 70 e os 100°C, estas baterias podem ser utilizadas em aplicações nas quais a temperatura não é um parâmetro que influencie a eficiência de operação, como é o caso dos veículos elétricos. Uma vez que os fabricantes das baterias de lítio polímero podem moldá-las de quase todas as formas, torna este tipo de baterias muito versátil, fazendo com que muitas marcas de telemóveis e de outros aparelhos eletrónicos as utilizem.

Vantagens e desvantagens

Algumas das vantagens destas baterias é ter uma grande potência em relação ao seu peso, são mais seguras e resistentes à sobrecarga e têm uma menor possibilidade de esvaziar o eletrólito, tendo um problema de baixa estabilidade eletroquímica. [38] [47]

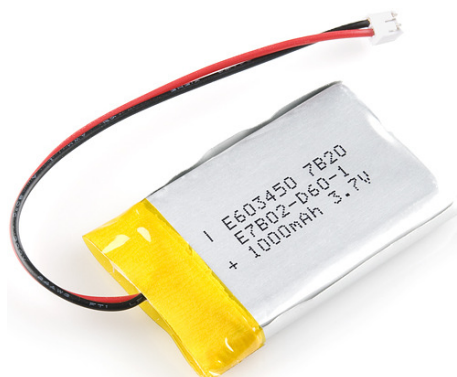
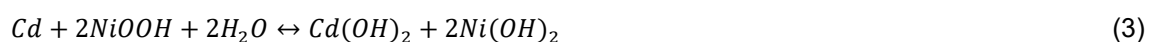


Figura 22- Bateria de lítio polímero [48]

2.7.6.4. *Níquel- cádmio*

Sendo uma das principais concorrentes às baterias de chumbo-ácido no uso de veículos elétricos as baterias de níquel-cádmio possuem quase o dobro da energia específica. Estas são consideradas baterias secundárias pois são recarregáveis, sendo utilizadas em telemóveis, câmaras de filmar, aparelhos eletrônicos portáteis, ferramentas, veículos elétricos, etc.

São formadas por dois elétrodos separados por um isolante, enrolados um no outro e imersos num eletrólito. O ânodo é constituído com cádmio metálico e o cátodo sobre a superfície externa é um composto mais ativo à base de hidróxido de níquel. O eletrólito é formado por uma solução de hidróxido de potássio, originando energia elétrica através da seguinte equação:



Vantagens e desvantagens

As baterias de níquel cádmio são muito mais caras que as de chumbo, uma vez que a tensão operacional de cada célula é de apenas 1,2 V, sendo por isso necessário 10 células para cada bateria nominal de 12 V, em comparação às 6 células de ácido-chumbo. Por outro lado, têm a vantagem de poderem ser guardadas tanto carregadas como descarregadas sem que a sua durabilidade seja afetada, estas podem aguentar até 2500 ciclos de carga-descarga, têm uma ampla gama de temperaturas de operação, baixa auto-descarga, uma carga rápida e simples, permitem recargas a baixas temperaturas e têm um bom desempenho se estiverem sobrecarregadas. Em

contrapartida, o cádmio é um metal altamente tóxico mesmo em pequenas quantidades, podendo causar problemas de saúde e cancro. [43], [49]

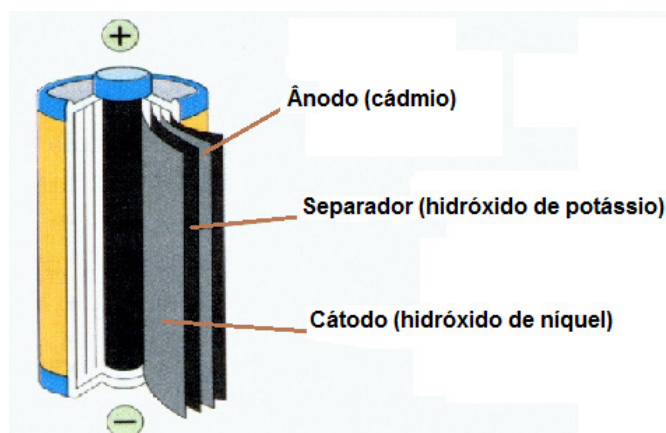
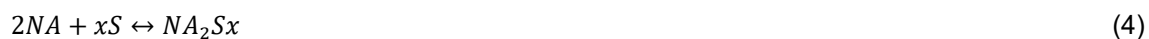


Figura 23- Bateria de níquel-cádmio. Adaptado: [50]

2.7.6.5. Sulfureto de sódio (NaS)

As baterias de sulfureto de sódio (NaS) são constituídas por um ânodo de sódio fundido, por um cátodo de enxofre fundido e são separados por um eletrólito cerâmico sólido de alumina, que contribui para um desempenho elevado da célula, funcionando através de uma reação eletroquímica que ocorre entre o sódio e o enxofre. [38]

A energia elétrica é obtida através da reação do sódio com o enxofre, originando a seguinte equação:



Vantagens e desvantagens

As baterias têm um formato tubular, permitindo assim uma variação de volume dos elétrodo durante a ocorrência da reação eletroquímica, minimizando a área de proteção e tornando este tipo de tecnologia mais prática para o armazenamento de energia.

O seu funcionamento varia entre 300 e 350°C, colocando as células num recipiente vazio, de forma a manter o calor na bateria. As células básicas de enxofre de sódio têm uma energia específica elevada, seis vezes maior que as células de chumbo-ácido. [38], [43]



Figura 24- Bateria de sulfureto de sódio. Adaptado: [38]

2.8. Soluções possíveis

De uma vasta gama de veículos elétricos existentes no mercado e tendo em conta os veículos atualmente usados pela empresa, foram selecionadas algumas possíveis soluções mais vantajosas em termos de preço, autonomia e consumos.

Sendo assim temos:

2.8.1. Renault Zoe 40kWh

O Renault ZOE 40 possui uma tecnologia avançada e integrada, fazendo com que este detenha uma autonomia de 400 km em ciclo NEDC, mas apenas 300 km reais quer em zonas urbanas ou mesmo fora das cidades, derivado à sua bateria que fornece uma energia de 41 kWh úteis. É constituído por um carregador inteligente “Camelión” que se adapta aos diferentes postos de carga, sendo possível recuperar em apenas 30 minutos 80% da sua bateria.

De modo a simplificar os carregamentos a Renault desenvolveu duas aplicações, a Z.E. Trip e o Z.E. Pass, que vão ajudar os seus utilizadores através do sistema de navegação ZOE a verificar quais os postos de carregamento que estão livres para eles poderem fazer o seu carregamento, facilitando o carregamento nos postos europeus.

Da mesma forma que um veículo a combustão, a velocidade, a irregularidade do piso da estrada, o estilo de condução e a utilização do sistema de aquecimento ou do ar condicionado influenciam significativamente a autonomia real do veículo elétrico. [51]

Mais características podem ser observadas na tabela 3.

Tabela 3- Características do Renault ZOE 40 kW [51]

Número de lugares	5
Potencia máxima kW CEE	40 kW-92 cv/3000-5000 rpm
Aceleração	13,2s dos 0 aos 100km/h
Consumo (kWh/100km)	18
Binário máximo CEE	225 Nm/3000 rpm
Tecnologia da bateria	lões de lítio
Capacidade da bateria	41 kWh
Carregador inteligente “Caméleon”	Adapta-se aos diferentes postos de carga
Tempo de carga tomada doméstica (10 A)	25h para chegar aos 100%
Tempo de carga 22kW	2h
Tempo de carga 43 kW	1h
Velocidade máxima	135 km/h
Autonomia (NEDC)	400 km
Autonomia na estação fria	200 km
Autonomia em estação temperada	300 km



Figura 25- Renault ZOE 40 [51]

NEDC: *New European Driving Cycle*, a norma europeia de medição de emissões e consumos é baseada em testes de ensaios idênticos para todos os veículos na Europa, sejam térmicos, sejam elétricos ou híbridos. Constitui assim um critério de comparação entre as diferenças obtidas entre os mais diversos modelos, de todos os construtores. O teste é efetuado em 2 partes. O veículo é colocado num banco de ensaio laboratorial e cumpre 3 vezes o ciclo urbano europeu (ciclo ECE-

15), e uma vez o ciclo extra-urbano. A média destes 4 ensaios terá como resultado a autonomia média. Consumos e emissões homologados segundo regulamentação aplicável. [51]

2.8.2. Nissan Leaf Zero Emission

Equipado com baterias de 40 kWh, o Nissan Leaf tem uma autonomia de 378 km (ciclo NEDC) e cerca de 300 km reais, com um carregamento de apenas 40 a 60 minutos é possível conseguir carga suficiente para cumprir 80% desta distância. O carro possui uma potência de 147CV e um binário de 320 Nm, permitindo que vá dos 0 aos 100 km/h em apenas 7,9 segundos.

Este modelo vem equipado com três novas tecnologias, a primeira é o E-Pedal que vai permitir ao carro arrancar, acelerar, abrandar e parar apenas com o acelerador, quando o acelerador é completamente libertado, os travões são aplicados automaticamente, imobilizando o automóvel e através do sistema de regeneração de energia da travagem vai recarregar a bateria. Com este sistema ativo, o Leaf mantém a posição, mesmo em subidas ou descidas, até que o acelerador seja pressionado novamente, facilitando assim a condução. A outra tecnologia é o ProPilot, um sistema de condução semi-autónoma que atua na sua direção, travões e acelerador, ajudando o condutor quando este vai a circular a uma velocidade moderada. No trânsito, este sistema permite ao carro abrandar de forma autónoma e parar se o trânsito o fizer, voltando a acelerar quando o veículo da frente arrancar. Por fim vem o ProPilot Park, que é uma evolução do sistema de estacionamento automático e vai permitir ao carro procurar um lugar de estacionamento, efetuando a manobra de forma autónoma, sendo necessário apenas pressionar o botão do sistema durante todo o processo. [52]

Em termos de carregamento, este pode ser efetuado em postos de carregamento rápido com o cabo CHAdeMO, em postos de carregamento público ou então através do carregador doméstico mais rápido da Nissan de 7 kW, uma WALLBOX, que carrega as baterias em menos de 6 horas. [53]

As características do Nissan Leaf podem ser vistas na tabela seguinte:

Tabela 4- Características do Nissan Leaf 40 kW [54], [55]

Número de lugares	5
Potencia máxima do motor	110 kW -150 cv
Aceleração 0-100 km/h	7,9 s
Consumo (kWh/100km)	18
Binário máximo	320 Nm
Tecnologia da bateria	lões de lítio
Capacidade da bateria	40 kWh
Carregamento doméstico 7,4 kW com Wallbox	6 h
Tempo de carga numa tomada doméstica de 2,3 kW	17 h
Estação de carregamento de 3,7 kW	11 h
Velocidade máxima	144 km/h
Autonomia (NEDC)	378 km
Autonomia na estação fria	201 km
Autonomia na estação quente	273 km



Figura 26- Nissan Leaf Zero Emission [53]

2.8.3. Renault kangoo Z.E

A Renault Kangoo Z.E. é o primeiro veículo de transporte de carga 100% elétrico e tem uma autonomia de 270 km em ciclo NEDC, cerca de 200 km em condições reais de utilização. Possui um motor R60 de 44 kW, derivado do motor R90 do ZOE, que é mais eficiente em termos energéticos e auxiliado por um sistema de gestão eletrónica do veículo em andamento. Esta combinação de tecnologias limita o consumo elétrico do veículo em andamento, cerca de 16,2 kWh/100 km. [56]

Contém também uma bomba de calor ligada ao ar condicionado, que vai preservar a autonomia do veículo quando estão temperaturas mais baixas. Outra vantagem é o carregador monofásico de

7 kW de corrente alternada a 230 V e 32 A, que garante uma recarga completa da bateria em 6 horas numa WallBox de 7,4 kW. [57]

Outras características deste veículo podem ser vistas na tabela 5.

Tabela 5- Características da Renault Kangoo Z.E [58]

Potência máxima do motor	44 Kw
Binário máximo	226 Nm
Tecnologia do motor	Síncrono de rotor bobinado
Tração	Dianteira
Consumo (kWh/100km)	16
Autonomia (NEDC)	270 km
Velocidade máxima	130 km/h
Aceleração 0 – 100 km/h	20,3 segundos
Tipo de bateria	lões de lítio
Tensão nominal	240 a 400 V
Capacidade da bateria	22 kWh
Carga dos 0% aos 100%	8 horas
Carga dos 20% aos 80%	4,30 horas
Potência/Corrente máxima	3 kW/16 A (220V monofásico com carga standard)



Figura 27- Renault Kangoo ZE [58]

2.8.4. E-NV200

A autonomia NEDC máxima da Nissan e-NV200 é 170 km, podendo depender da zona e da forma como se conduz o veículo e da quantidade de ar condicionado utilizado. Sempre que o utilizador levantar o pé do acelerador ou travar, o motor elétrico vai atuar como um gerador de

energia e recuperar automaticamente parte desta energia que se perde e devolver a mesma à bateria.

Também poderá ser acionado o modo de condução económica, Modo B ou Modo Eco, de modo a retirar o máximo partido da bateria. O Modo B pode ser ativado a qualquer altura e em simultâneo com o Modo Eco, aumentando a travagem regenerativa, de forma a aproveitar mais energia para fazer o carregamento da bateria. O Modo Eco vai diminuir o consumo de energia ao suavizar a aceleração e reduzir o consumo energético do ar condicionado. Estes dois modos vão melhorar a autonomia do veículo em 10%.

A Nissan E-NV200, pode ser carregada de 3 formas, através dos postos de carregamento públicos rápidos, carregando 80% da bateria em 30 minutos, ou então através do carregamento doméstico rápido, que pode ser usado durante a noite e carregar completamente as baterias em cerca de 6h e com o carregador de bordo de 6,6 kW, fazendo o carregamento em apenas 4 h. Por fim, a forma mais habitual de carregar este veículo e fazer um carregamento completo em 12 h é liga-lo à rede elétrica, utilizando um cabo, um conector de 10 A e uma tomada doméstica normal, permitindo carregar a bateria em casa ou no trabalho. [59]

A tabela 6, mostra outras características deste veículo.

Tabela 6- Características da E-NV200 [59]

Potência máxima do motor	80 kW (107cv)
Binário máximo	254 Nm
Ignição	Eletrónico
Tração	Dianteira
Consumo (kWh/100km)	16,5
Autonomia (NEDC)	167 km
Emissões de CO₂	0g/km
Velocidade máxima	123 km/h
Tipo de bateria	Iões de lítio
Voltagem	360 V
Capacidade da bateria	24 kWh
Tempo de carga (2,3 kW)	12 horas
Tempo de carga (3,6 kW)	8 horas
Tempo de carga (6,6 kW)	4 horas
Carregador rápido (50 kW)	30 minutos



Figura 28- Nissan E-NV200 [59]

2.8.5. Mitsubishi Fuso eCanter

De acordo com a marca, o caminhão Fuso eCanter é o primeiro caminhão ligeiro 100% elétrico do mundo. Com uma capacidade de carga de duas a três toneladas, este possui um motor elétrico com 251 cavalos e 380 Nm. O seu sistema de armazenamento de energia é composto por um conjunto de baterias de íões de lítio de 82,8 kWh repartidas em 5 unidades, possibilitando assim uma autonomia de 100 km, um valor suficiente para as deslocações diárias deste tipo de camiões. De acordo com a Mitsubishi Fuso Truck, o eCanter permite poupanças de 1000 € por cada 10 000 quilómetros quando comparado com os veículos com motor a gasóleo equivalentes. [60]



Figura 29- Mitsubishi Fuso eCanter [60]

2.8.6. Vortex SWR

A vortex SWR é uma scooter elétrica com 6 kW de potência que pode circular em vias rápidas, sendo um dos veículos mais económicos do mercado da sua classe tendo em conta os excelentes equipamentos nele instalados. São eles um grupo de baterias, um controlador sinusoidal e um motor de última geração, que tornam este motociclo rápido nas vias rápidas e ágil em zonas de tráfego intenso. Contém um sistema Inteligente para gestão de acumuladores de lítio chamado SIGAL, que

vai permitir o acesso em tempo real a gráficos de voltagem de cada célula, outras variáveis de telemetria (corrente, potência, capacidade restante do pack em Ah, temperaturas, valores máximos e mínimos, contadores, etc.) e registo de eventos via interface LCD destacável. Tem proteção individual de cada célula contra qualquer voltagem excessiva ou demasiado baixa, proteção contra sobrecargas, contra sobre intensidade na carga e descarga e um circuito de pré-carga para proteção do controlador do motor. [61]

Esta mota tem a vantagem de ter um custo de utilização muito baixo, é silenciosa durante a sua condução e tem o binário do motor disponível assim que este arranque, fazendo com que tenha agilidade citadina.

Na tabela 7, podem ser vistas outras características da Vortex SWR 6000.

Tabela 7- Características da Vortex SWR 6000 [61]

Potência Pico	7500 W
Potência normal	6000 W
Baterias	Lítio LiFepo4 -72V- 50Ah
Controlador	Sevcon-6Kw
Velocidade máxima	85 Km/h
Autonomia máxima	100 Km/h



Figura 30- Vortex SWR 6000 [61]

2.8.7. RAVO 5 iSeries

Esta varredora, foi criada com o objetivo de deixar as ruas limpas com uma só passagem seja qual for o seu estado de sujidade. Estas podem ser usadas nas áreas urbanas e rurais, no inverno ou no verão, com areia, folhas, debaixo de um calor tórrido ou frio glaciado, em autoestradas ou ciclovias.

O sistema de controlo inteligente existente na varredora vai melhorar o processo de limpeza, pois o iScreen junta toda a informação sobre condução, descarga, varredura, entre outros aspetos, transmitindo ao seu operador tudo sobre o seu desempenho, aumentando assim a sua eficácia e rentabilidade de limpeza.

A sua manutenção é bastante simples, uma vez que o sistema de escovas é de baixa manutenção, pois é de fácil substituição e não necessita de lubrificação, o que vai aumentar 50% da sua vida útil, esta possui um sistema de limpeza da turbina e as suas portas de serviço são maiores de forma a facilitar o seu acesso. [62]

Mais características desta varredora podem ser vistas na tabela 8.

Tabela 8- Características da RAVO 5 iSeries [62]

Capacidade da turbina (m³/h)	233
Dimensões do aspirador (m)	0,112 x 0,630
Largura de varredura (m)	3,4
Diâmetro das escovas (m)	0,750 x 0,900
Velocidade de rotação (rpm)	0 - 210
Volume (m³)	5
Capacidade de carga (kg)	5500
Sistema elétrico (V)	24



Figura 31- RAVO 5 iSeries [62]

2.9. Valor de aquisição, manutenção e IUC dos veículos

Nas tabelas seguintes encontram-se os valores de aquisição, manutenção e IUC anual dos veículos atuais da empresa e das possíveis soluções.

Relativamente aos veículos atuais da empresa todos os valores mencionados foram disponibilizados pela mesma.

No que diz respeito aos veículos elétricos, os valores de aquisição foram retirados do site da marca dos mesmos e os valores de manutenção foram calculados tendo em conta os valores referidos nos pontos 2.5.1 e 2.5.3.

Tabela 9- Valores referentes aos veículos atuais

Valor de aquisição sem IVA		Valor de manutenção	IUC
Peugeot 207 Hdi	16 000 €	500 €	137 €
Peugeot 208	16 700 €	281 €	143 €
Opel Zafira	27 950 €	600 €	42 €
Peugeot Bipper	10 100 €	550 €	32 €
Opel Vivaro	15 000 €	700 €	52 €
Honda SH-125I (34-CA-06)	2 800 €	281 €	22 €
Honda SH-125I (34-CA-07)	2 800 €	400 €	22 €
Honda SH-125I (34-CA-08)	2 800 €	281 €	22 €

Tabela 10- Valores referentes aos veículos elétricos

Valor de aquisição sem IVA		Valor de manutenção	IUC
Renault Zoe 40 kW	24 073 €	210 €	0 €
Nissan Leaf 40 kW	22 446 €	210 €	0 €
Renault Kangoo Z.E	28 747 €	376 €	0 €
Nissan E-NV200	26 107 €	289 €	0 €
Vortex SWR 6000	3 469 €	41 €	0 €

Capítulo III

3. Troca dos veículos a combustível fóssil para elétricos

De seguida, podemos ver a situação atual da empresa e os veículos que usam atualmente, juntamente com as despesas totais de cada um.

No ponto seguinte será analisada a substituição dos atuais veículos por veículos elétricos, comparando consumos e custos de manutenção das alternativas propostas.

3.1. A empresa

A empresa para a qual se irá fazer a avaliação económico-financeira é a Inova, que se dedica ao desenvolvimento económico e social de Cantanhede, sendo construída a 16 de abril de 2002.

Esta é responsável pelos serviços públicos municipais, desde abastecimento de água, recolha e transportes de resíduos sólidos urbanos e manutenção dos espaços verdes, garantindo assim a qualidade de vida das populações e a promoção do património cultural, urbanístico e paisagístico do município. Desenvolve também outros trabalhos, tais como fiscalização ambiental, organização de eventos e agricultura biológica. [63]

3.2. Situação atual

Atualmente a empresa é composta por uma grande variedade de veículos, ligeiros e pesados de mercadorias, ligeiros de passageiros, varredoras industriais e motociclos. Todos eles têm as suas funções, desde transporte de máquinas e ferramentas, manutenção de espaços urbanísticos e outros somente para transporte pessoal. Alguns deles, destacam-se relativamente pelo seu consumo de combustível e número de quilómetros realizados, como se pode ver nas próximas tabelas, estando sublinhadas a laranja as viaturas com maiores custos.

Na tabela 11, encontram-se os veículos pesados de mercadorias, dos quais podemos destacar os camiões MAN 50-FT-29 e MAN 33-GD-02 e as viaturas Scania 18-71-VM e Scania 15-70-VM.

Tabela 11- Veículos pesados de mercadorias da empresa

Veículos pesados de mercadorias	Quilômetros		Litros		Média 100 km			km/dia	L/mês	€/mês	€/ano
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	Variação				
MAN 50-FT-29	41367	27769	19931	14266	48,2	51,4	-3,19	172	1661	2255	27066
Mitsubishi Canter Pesado 11-78-XX	21437	20186	3716	3506	17,3	17,4	-0,03	89	310	421	5047
Mitsubishi grua 84-34-XE	19959	26864	4144	6148	20,8	22,9	-2,12	83	345	469	5628
Viatura Scania 15-71-VM	53949	46877	27925	25042	51,8	53,4	-1,66	225	2327	3160	37923
Scania 15-70-VM	32119	15335	15233	7621	47,4	49,7	-2,27	134	1269	1724	20687
Scania 15-69-VM	15585	38989	8555	21346	54,9	54,7	0,14	65	713	968	11618
MAN 33-GD-02	31829	30811	16995	16720	53,4	54,3	-0,87	133	1416	1923	23079
MAN 66-JR-68	10318	11199	5786	5720	56,1	51,1	5,00	43	482	655	7857
Renault Midlum - 83-48-UM	24021	21726	7940	6683	33,1	30,8	2,29	100	662	899	10782
Mitsubishi FUSI 23-OQ-45	21750	21146	3928	3916	18,1	18,5	-0,46	91	327	445	5334
Sub-Totais	277367	260902	116720	110968	42,1	42,5	-0,45	1156	9727	13209	158506

Na tabela 12, encontram-se os veículos ligeiros de mercadorias com a respetiva matrícula à frente, destacando-se aqueles têm maior gasto anual, é o caso da Mitsubishi L200 52-79-XT, da Peugeot Bipper 89-ON-46, da Mitsubishi Canter 27-73-UR, da Opel Vivaro 94-DH-35, da Mitsubishi Canter 88-RJ-13, da Nissan Pick-UP 00-53-NO e da Nissan 4x4 48-MT-61.

Tabela 12- Veículos ligeiros de mercadorias da empresa

Veículos ligeiros de mercadorias	Quilômetros		Litros		Média 100 km			km/dia	L/mês	€/mês	€/ano
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	Variação				
Renault Clio 52-BL-75	24498	22157	1222	1155	5,0	5,2	-0,22	102	102	138	1660
Renault Kangoo 86-BD-89	19058	19957	1352	1360	7,1	6,8	0,28	79	113	153	1836
Mitsubishi Canter 10-AG-52	12755	14946	1630	1919	12,8	12,8	-0,06	53	136	184	2214
Mitsubishi L200 52-79-XT	20855	17887	2448	1996	11,7	11,2	0,58	87	204	277	3325
Peugeot Bipper 72-PQ-05	22192	20998	1081	1065	4,9	5,1	-0,20	92	90	122	1468
Peugeot Bipper 89-ON-46	38023	40341	2371	2328	6,2	5,8	0,47	158	198	268	3220
Mitsubishi Canter 27-73-UR	20732	21154	2932	2917	14,1	13,8	0,35	86	244	332	3982
Nissan MiniVAN 87-69-UH	12282	16241	1049	1380	8,5	8,5	0,05	51	87	119	1425
Opel Vivaro 94-DH-35	30109	29028	3004	2836	10,0	9,8	0,21	125	250	340	4080
Nissan Cabstar 52-37-UH	19173	20643	2133	2511	11,1	12,2	-1,04	80	178	241	2897
Nissan Pick-UP 39-23-UH	16173	19083	1448	1667	9,0	8,7	0,22	67	121	164	1967
Mitsubishi Canter 88-RJ-13	26260	12865	2769	1421	10,6	11,0	-0,50	109	231	313	3761
Nissan Pick-UP 94-62-QM	23400	23440	2032	2118	8,7	9,0	-0,35	98	169	230	2759
Nissan Pick-UP 00-53-NO	27620	25089	2346	2184	8,5	8,7	-0,21	115	196	266	3186
Opel Combo 82-GS-95	22148	24636	1483	1597	6,7	6,5	0,21	92	124	168	2013
Nissan Pick-UP 70-52-LI	8950	9433	1005	1096	11,2	11,6	-0,39	37	84	114	1365
Nissan Pick-UP 33-33-MI	7287	7377	812	806	11,1	10,9	0,22	30	68	92	1103
Isuzu 37-IL-20	9225	7564	1081	906	11,7	12,0	-0,27	38	90	122	1468
Mitsubishi L200 4wd 59-II-11	19356	28283	1916	2592	9,9	9,2	0,74	81	160	217	2602
Nissan 4x4 48-MT-61	27823	32203	2803	3350	10,1	10,4	-0,33	116	234	317	3807
Peugeot Partner 86-NN-78	20152	15010	1262	977	6,3	6,5	-0,25	84	105	143	1714
Mitsubishi L200 4wd 72-RN-36	15204	2772	1708	277	11,2	10,0	1,26	63	142	193	2320
Sub-Totais	463251	462913	42308	41841	9,1	9,0	0,09	1930	3526	4788	57455

Na tabela 13, temos os veículos ligeiros de passageiros, onde podemos ver que praticamente todos têm grandes gastos de combustível à exceção do Peugeot 106 com a matrícula 03-26-TT, que apenas é usado para fazer pequenas deslocações, o que faz com os seus gastos sejam mais reduzidos.

Tabela 13- Veículos ligeiros de passageiros da empresa

Veículos ligeiros de passageiros	Quilómetros		Litro		Média 100 km			km/dia	L/mês	€/mês	€/ano
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	Variação				
Peugeot 208 50-RP-00	25058	11108	1336,27	622,85	5	6	-0,27	104	111	151	1815
Peugeot 106 03-26-TT	13089	12211	858,9	783,13	7	6	0,15	55	72	97	1166
Opel Safira 90-52-PQ	19280	26379	1465,92	2019,24	8	8	-0,05	80	122	166	1991
Peugeot 207 Hdi	21740	26826	1241,15	1486,51	6	6	0,17	91	103	140	1685
Sub-Totais	79167	76524	4902,24	4911,73	6	6	-0,23	330	409	555	6657

Na tabela 14, encontram-se as varredoras atuais da empresa, usadas para fazer a limpeza das estradas e passeios. Analisando as suas despesas anuais, ambas têm um valor elevado no consumo de combustível.

Tabela 14- Varredoras da empresa

Varredoras	Quilómetros		Litros		Média 100 km			km/dia	L/mês	€/mês	€/ano
	2017	2016	2017	2016	2017	2016	Variação				
Varredora 5002 ST	1122	1286	6206	7861	5,5	6,1	-0,58	5	517	702	8428
Varredora 5002 STH	1229	998	7563	6410	6,2	6,4	-0,27	5	630	856	10270
Sub-Totais	2351	2284	13769	14272	5,9	6,2	-0,39	10	1147	1558	18698

Na tabela 15, encontram-se as motas usadas pelos trabalhadores da empresa para que estes se possam deslocar para o local de trabalho. Aqui, destacam-se as motas da marca Honda, principalmente a Honda SH-125I com a matrícula 34-CA-07 que tem o maior número de quilómetros realizados por dia.

Tabela 15- Motociclos da empresa

Motas	km	Litros	Média	km/dia	L/mês	€/mês	€/ano
Honda SH-125I 34-CA-06	10019	267	2,7	42	22	35	363
Honda SH-125I 34-CA-08	7367	258	3,5	31	22	33	350
55-TV-58	267	4,83	1,8	1	0,4	1	7
Honda SH-125I 34-CA-07	14216	431	3,0	59	36	56	585
Sub-Totais	31869	961,19	3,0	133	80	124	1305

3.3. Situação proposta

De forma a tornar a empresa mais eficiente economicamente em relação aos seus transportes, foram analisados todos os veículos que tinham maiores gastos anualmente e encontradas algumas soluções bastante vantajosas.

Os veículos elétricos encontrados e analisados são uma solução promissora para empresa uma vez que têm menos custos de manutenção e tem o preço da energia mais baixo que os veículos

atuais, devido à diferença de preço entre a eletricidade e os combustíveis fósseis (gasóleo e gasolina).

Para alguns tipos de veículos não há solução, pois atualmente no mercado não existem veículos elétricos adequados para os substituir ou então algumas das soluções existentes são demasiado dispendiosas, sendo impossível amortizar o valor do investimento feito na sua aquisição.

Os veículos que para os quais não há substituto, são alguns dos ligeiros de mercadorias, é o caso da Mitsubishi L200 52-79-XT, da Nissan Pick-UP 00-53-NO e da Nissan 4x4 48-MT-61.

Para os veículos pesados de mercadorias não existe qualquer solução no mercado, sendo assim impossível fazer a sua substituição.

Existem dois veículos ligeiros de mercadorias para os quais existe opção de troca para EV, só que esta é demasiado dispendiosa para a empresa, são elas a Mitsubishi Canter 27-73-UR e a Mitsubishi Canter 88-RJ-13.

Em relação aos veículos ligeiros de passageiros, também foi ponderada a troca da Opel Zafira por um Tesla Model S 75, mas devido ao preço do veículo o tempo amortização do investimento era bastante elevado.

Relativamente às varredoras, não foram encontrados valores de aquisição e despesas anuais para as substitutas, sendo impossível calcular o tempo de amortização em relação às varredoras atuais presentes na empresa.

Na figura 32, 33 e 34 temos as várias opções para os veículos ligeiros de passageiros, o Peugeot 207, Peugeot 208 e a Opel Zafira, das quais já faladas anteriormente, sendo que para estas três viaturas a solução é a mesma.



Figura 32- Soluções para o Peugeot 207

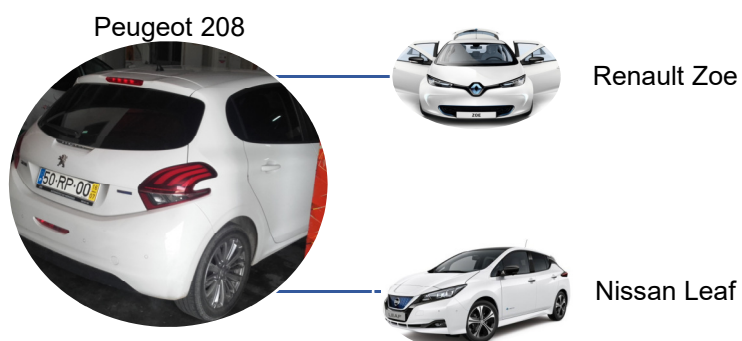


Figura 33- Soluções para o Peugeot 208



Figura 34- Soluções para a Opel Zafira

Na figura 35 e 36, estão os veículos ligeiros de mercadorias, a Peugeot Bipper e a Opel Vivaro, com a possível solução.



Figura 35- Solução para a Peugeot Bipper



Figura 36- Solução para a Nissan E-NV200

No caso das motas, na figura 37 está representada uma das três motas existentes na empresa da marca Honda SH-125I e a mota elétrica de substituição.



Figura 37- Solução para as motas da marca Honda SH-125I

Para terminar, na figura 38 encontra-se uma das duas varredoras existentes na empresa e a sua possível substituta.

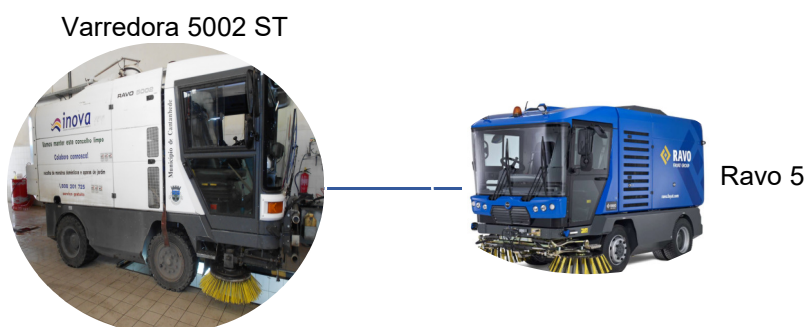


Figura 38- Solução para as varredoras

3.4. Análise das soluções propostas e respetivas emissões

Neste ponto, encontram-se os tempos de amortização do investimento para as várias soluções encontradas e a comparação de todas as emissões durante o ciclo de vida dos diferentes veículos não contabilizando a reciclagem.

Para analisar esta troca de veículos, foram criados 2 cenários onde se pode observar os diferentes tipos de carregamento a efetuar. Os veículos vão carregar em períodos horários diferentes, sendo que o preço final do kWh também vai ser diferente para cada um deles.

De forma a calcular o preço final da energia, verificou-se quanto tempo de carregamento os veículos vão efetuar em cada período, chegando-se a um valor médio final para o kWh. Estes períodos de carregamento são diferentes no inverno e no verão, o que vai fazer com que os carregamentos sejam efetuados em períodos e horas diferentes, neste caso utilizou-se o preço médio do kWh das duas estações.

A energia elétrica da Inova, é fornecida pela Galp e a tarifa contratada é uma BTN com uma potência contratada de 41,4 KVA, tri-horária com ciclo diário. Sendo assim, durante o dia existem 3 períodos diferentes (ponta, cheio, vazio) com diferentes preços de kWh em cada um deles, em ponta o preço é de 0,2919 €, em cheio 0,1376 € e em vazio 0,0719 €, valores retirados da fatura de eletricidade da empresa.

Nos próximos gráficos, podem verificar-se os vários períodos diários no inverno e no verão, juntamente com os preços do kWh.

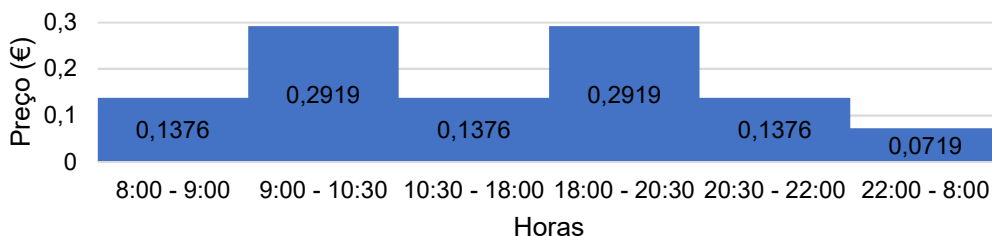


Gráfico 1- Períodos horários no inverno

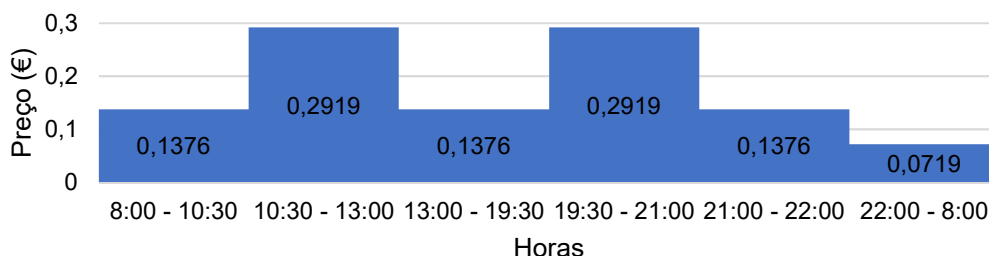


Gráfico 2- Períodos horários no verão

No cenário 1 os veículos serão carregados a partir das 18:00 e no cenário 2 a partir das 22:00, ou seja, apenas no período vazio, como de pode ver nos seguintes gráficos.

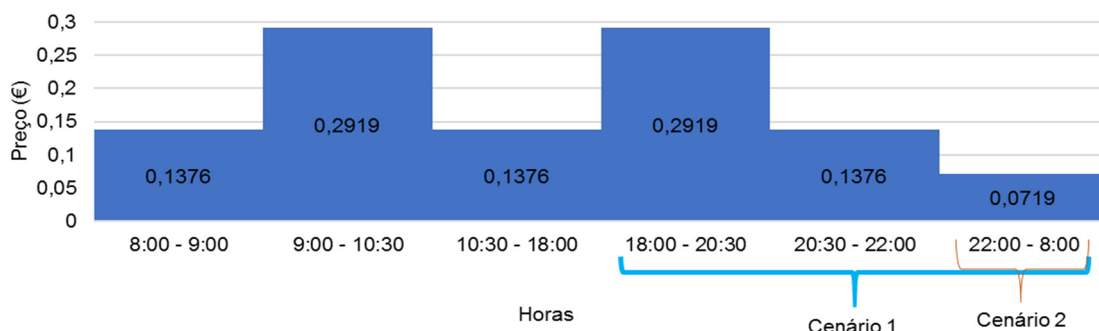


Gráfico 3- Períodos de carregamento no cenário 1 e 2 no inverno

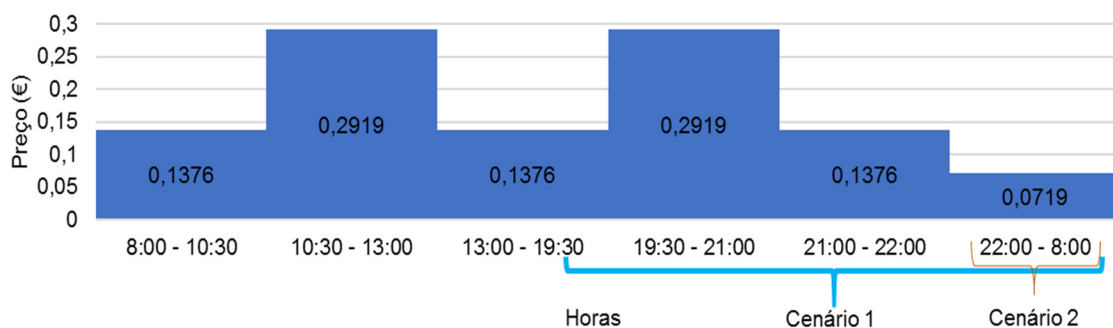


Gráfico 4- Períodos de carregamento no cenário 1 e 2 no verão

Se os veículos forem carregados apenas no período vazio, o preço do kWh vai ser mais baixo caso eles carregassem nos três períodos, uma vez que o preço do kWh é muito mais baixo neste período. Com a diferença de valores do kWh nos dois cenários, o tempo de amortização do investimento também será diferente, pois o preço da energia para carregar os veículos elétricos também será diferente, chegando-se à conclusão que quanto menor for o preço da energia menor será esse tempo.

Os tempos de carregamento vão ter em conta os quilómetros diários realizados pelos veículos e os kWh de energia gastos durante esses deslocamentos, com o seu carregamento a ser efetuado numa tomada doméstica da empresa com uma potência de 2,3 kW.

O tempo de amortização terá em conta os preços de aquisição de cada veículo no ano 0, os preços de manutenção anual, o valor do IUC, a substituição das baterias e o preço do kWh comparado com o preço atual do gasóleo no caso dos carros e da gasolina no caso das motas, no valor de 1,40 € e 1,60 € respetivamente, com uma taxa de aumento anual de 3% para a eletricidade e de 1,4% para os combustíveis fósseis. [64]

Nos gráficos, vai-se encontrar a variação do *cash flow* ou fluxo de caixa da empresa referente à aquisição de cada veículo, ou seja, o saldo entre as entradas e saídas de capital da empresa durante os 15 anos.

3.4.1. Cenário 1

No cenário 1, analisa-se os veículos se estes forem carregados durante os três períodos (ponta, cheio e vazio) para um espaço temporal de 15 anos. Aqui, todos os veículos serão postos a carregar às 18:00 h, hora em que chegam à empresa depois do dia de trabalho, sendo que os tempos de carregamento são diferentes para cada um deles. Dado que o preço do kWh dependerá do tempo de carregamento em cada período, aqui a diferença será no tempo de carregamento em vazio de cada veículo.

Os casos a serem analisados serão:

3.4.1.1. Peugeot 207

Em primeiro lugar, vamos analisar economicamente os veículos ligeiros de passageiros, comparando um Renault Zoe e um Nissan Leaf ao Peugeot 207. Estes carros vão andar em média 90,6 km/dia e com um consumo de 18 kWh/100km vão consumir 16,3 kWh/dia, demorando 7,1 h a carregar numa tomada doméstica. Contabilizando o tempo de carregamento nos vários períodos, o preço é de 0,13 €/kWh.

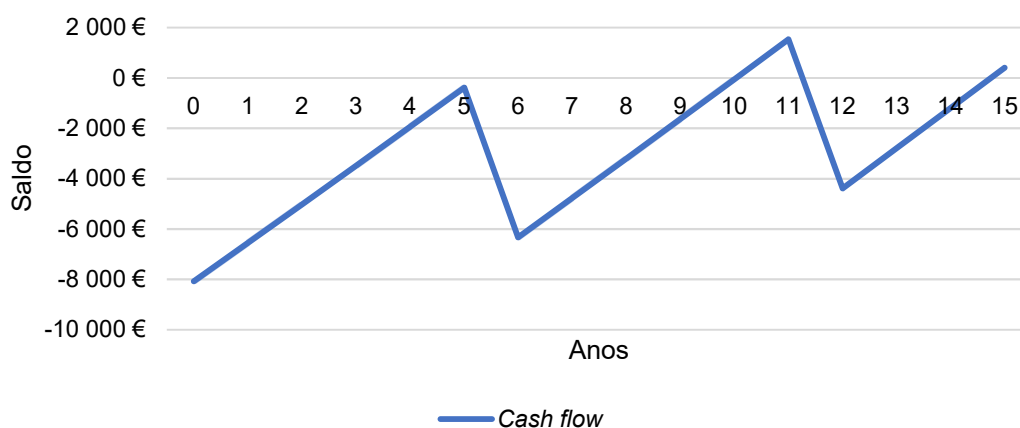


Gráfico 5- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 207

O *cash flow* vai tendo variações ao longo dos 15 anos, mais precisamente entre os 5 e 6 e os 11 e 12, devido a ser necessário comprar uma nova bateria para o Renault Zoe no valor de 7 500 €, já que a vida útil da bateria é de 150 000 km. Esse valor será atingido de 6 em 6 anos pois o carro irá fazer uma média de 24 000 km anuais, dando um total de 144 000 km ao fim deste período de tempo, perto dos 150 000 km.

Durante os 15 anos, o tempo de amortização do investimento inicial será de 10 anos e com a troca da bateria passará para 14 anos e 10 meses sensivelmente.

No gráfico 6, encontra-se o tempo de amortização do investimento de um Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207.

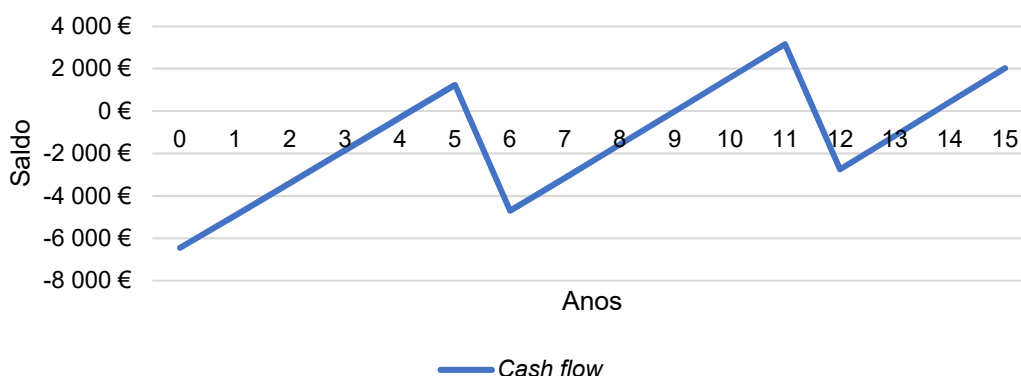


Gráfico 6- Variação do *cash flow* para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207

Uma vez que o Nissan Leaf é mais barato que Renault Zoe, o tempo de amortização será de 4 anos e 2 meses, mas com a aquisição das baterias passará para 9 anos e finalmente para 13 anos e 10 meses.

Por fim, no gráfico 7, temos a comparação do tempo de amortização do investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207.

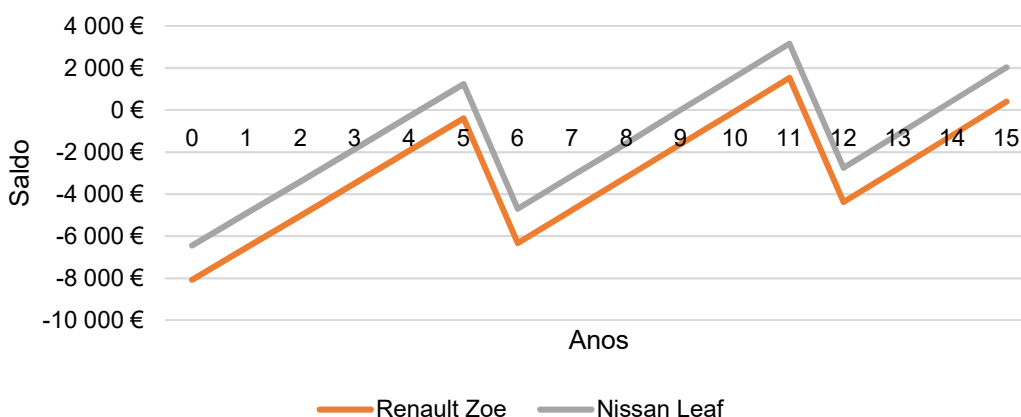


Gráfico 7- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207

A única diferença no tempo de amortização é o preço de aquisição de cada veículo elétrico, com uma diferença de 1 627 €, favorecendo assim o Nissan Leaf em termos de escolha do veículo elétrico.

3.4.1.2. Peugeot 208

Terminado o caso anterior, vamos agora analisar o tempo de amortização para os mesmos veículos elétricos em relação ao Peugeot 208. Nesta circunstância, os veículos vão andar em média 105 km/dia e vão consumir cerca de 18,9 kWh/dia, demorando 8,2 h, com o preço final de 0,16 €/kWh.

No gráfico 8, encontra-se o tempo de amortização do investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 208.

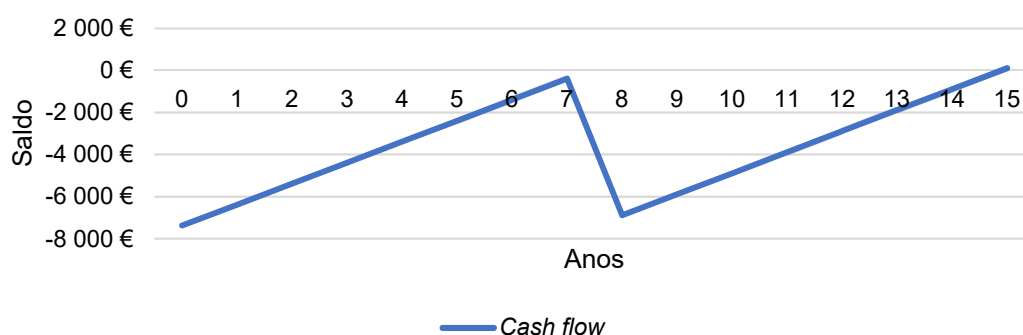


Gráfico 8- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 208

Aqui, o *cash flow* vai oscilar entre o ano 7 e 8, devido à substituição da bateria no ano 8 uma vez que o veículo vai fazer 18 000 km anuais, dando um total de 144 000 km e um tempo de amortização de 15 anos.

No gráfico 9, encontra-se o tempo de amortização do investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208, tendo em conta as mesmas circunstâncias do caso anterior.

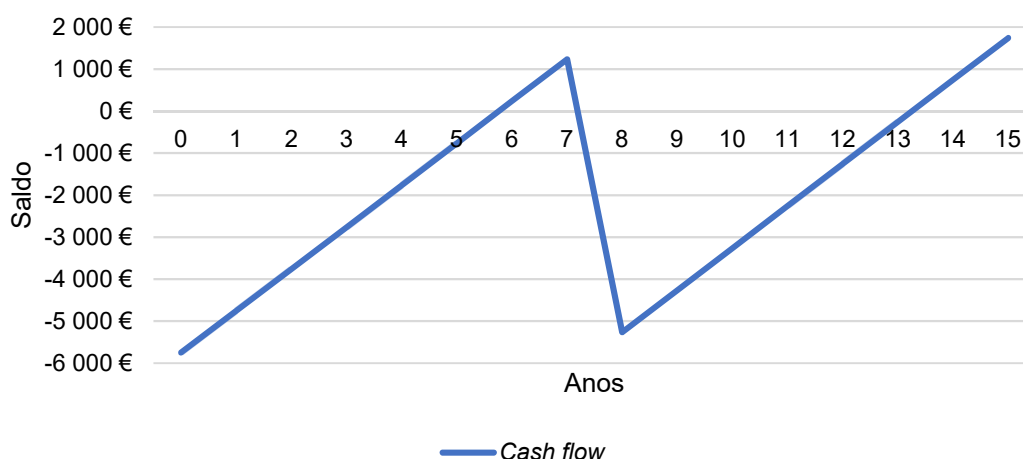


Gráfico 9- Variação do *cash flow* para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208

Primeiramente o tempo de amortização será de 5 anos e 10 meses, passando depois para 13 anos e 3 meses com a troca da bateria.

Finalmente, temos a comparação do tempo de amortização do investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208.

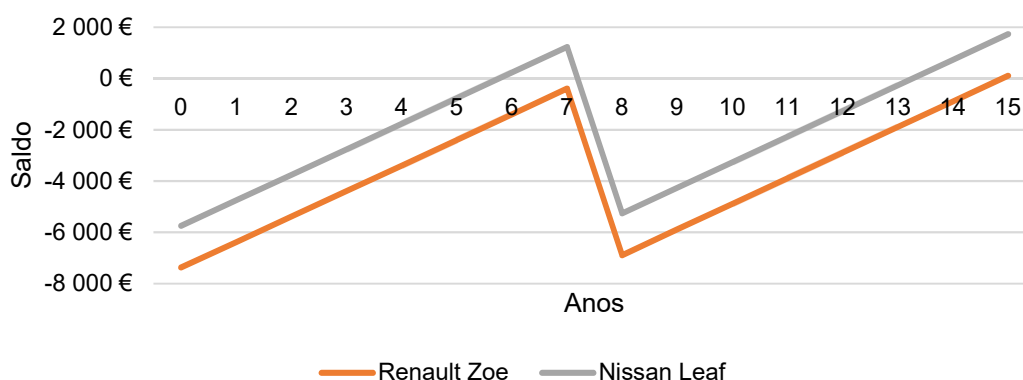


Gráfico 10- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208

Uma vez que, o preço dos veículos elétricos é o mesmo do caso anterior, aqui o tempo de amortização só vai mudar tendo em conta as despesas do Peugeot 208 e os quilómetros realizados anualmente, beneficiando novamente o Nissan Leaf.

3.4.1.3. Opel Zafira

O último veículo ligeiro de passageiros é a Opel Zafira, à qual também vão ser comparados o Renault Zoe e ao Nissan Leaf. Nesta ocasião, os carros vão andar em média 80 km/dia e consumir cerca de 14,4 kWh/dia, demorando 6,2 h a carregar e obtendo-se um valor final de 0,16 €/kWh. Começando novamente pelo Renault Zoe, temos o seguinte tempo de amortização.

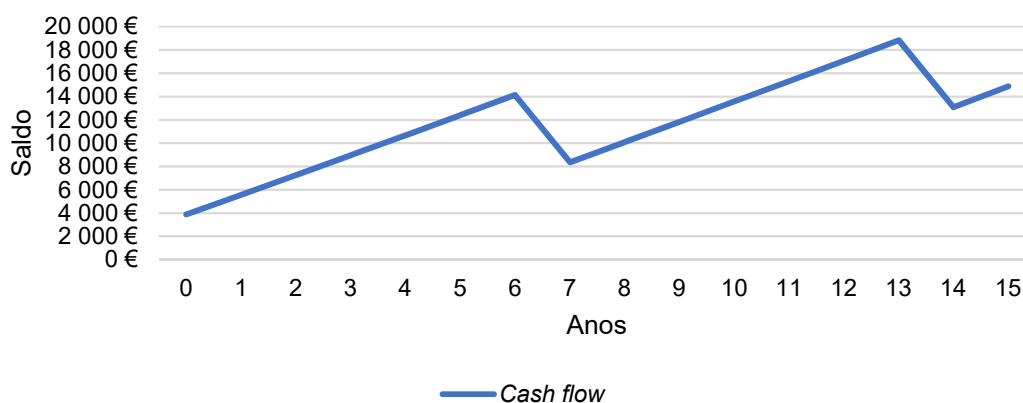


Gráfico 11- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe em relação à Opel Zafira

Aqui, uma vez que a Opel Zafira é mais cara que Renault Zoe e o Nissan Leaf, estes ficam pagos logo no ano 0, sendo que a bateria será substituída a cada 7 anos, pois o veículo vai fazer em média 23 000 km anuais, dando um total de 161 000, pouco mais que a vida da bateria.

No gráfico seguinte, temos o tempo de amortização do investimento do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira.

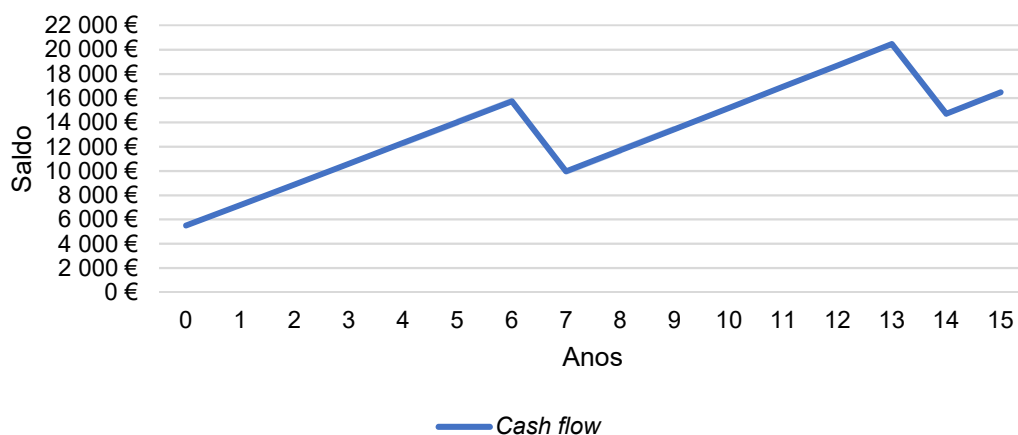


Gráfico 12- Variação do *cash flow* para o investimento do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira

Por fim, temos a diferença do tempo de amortização do investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira.

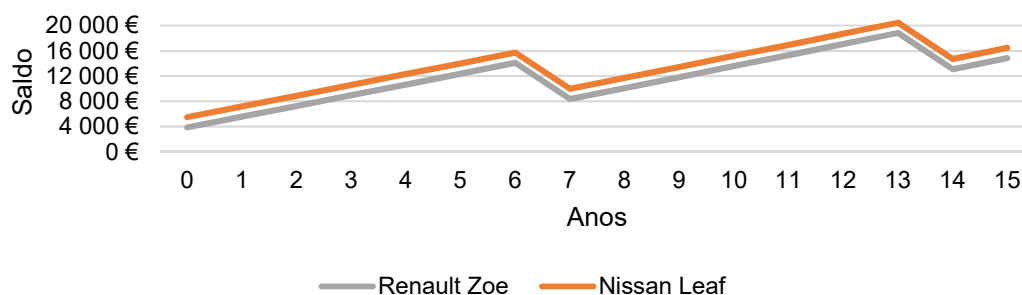


Gráfico 13- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira

Novamente, a diferença do tempo de amortização está no preço de compra do veículo convencional e nos quilómetros realizados anualmente.

3.4.1.4. Peugeot Bipper

De seguida, passamos às viaturas ligeiras de mercadorias, das quais foram selecionadas a Peugeot Bipper e a Opel Vivaro. Para estas duas foram selecionados dois veículos elétricos, a Renault Kangoo Z.E para substituir a Peugeot Bipper e a Nissan E-NV200 para substituir a Opel Vivaro.

Primeiramente, vamos avaliar a Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper, esta vai andar em média 158,4 km/dia e com o seu consumo de 16 kWh/100km vai consumir 25,4 kWh/dia, demorando 11 h a carregar, com o preço final de 0,12 €/kWh.

No gráfico seguinte, temos o tempo de amortização do investimento da Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper.

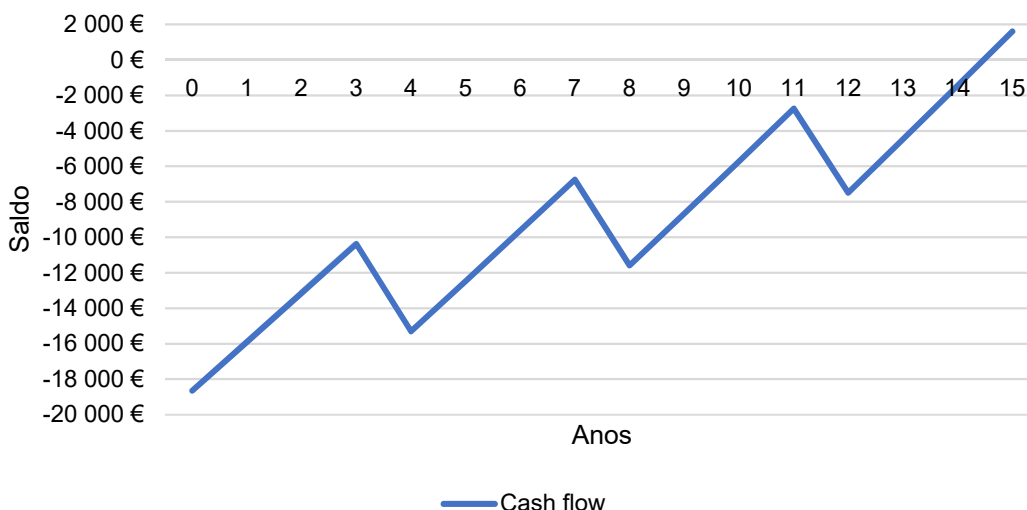


Gráfico 14- Variação do *cash flow* para o investimento da Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper

O *cash flow*, vai ter variações a cada 4 anos devido à troca da bateria, pois o veículo realizará uma média de 39 000 km anuais, com um total de 156 000 km e um tempo de amortização de 14 anos e 5 meses aproximadamente.

3.4.1.5. Opel Vivaro

No próximo gráfico temos o tempo de amortização do investimento da Nissan E-NV200 em relação à Opel Vivaro. A carrinha elétrica vai andar em média 126 km/dia, com um consumo de 16,5 kWh/100km, gastando cerca de 20,7 kWh/dia, demorando 9 h a carregar, obtendo-se o valor final de 0,14€/kWh.

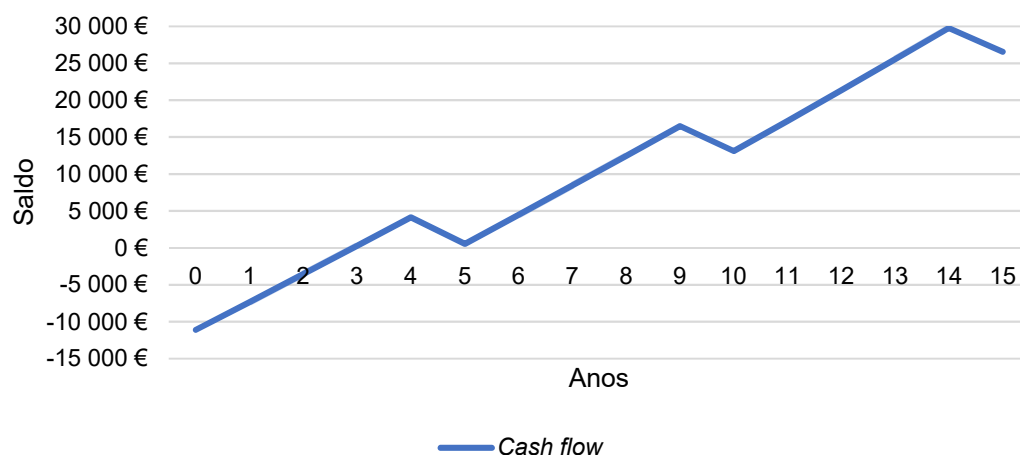


Gráfico 15- Variação do *cash flow* para o investimento da Nissan E-NV200 em relação à Opel Vivaro

Com a substituição da bateria, o *cash flow* vai alterando a cada 5 anos, pois este veículo irá fazer uma média de 30 000 km anuais, obtendo-se os 150 000 km da vida útil da bateria, com um tempo de amortização de 3 anos.

3.4.1.6. Honda SH-125I

Terminados os veículos ligeiros de mercadorias, vai-se agora analisar as motos. Aqui, será feita a troca das motos da marca Honda SH-125I pela moto elétrica Vortex SWR.

A cada 10 anos, irá ser necessário trocar as suas baterias uma vez que ao fim deste tempo estas irão chegar aos 2400 ciclos de carga/descarga. Para chegar a este valor, foram contabilizados 240 ciclos por ano, ou seja, dias de trabalho realizados pelos trabalhadores da empresa.

No gráfico seguinte, encontra-se o tempo de amortização do investimento da Vortex SWR em relação à Honda SH-125I com a matrícula 34-CA-06. A moto elétrica vai andar em média 42 km/dia com um consumo de 6 kWh/100km, consumindo 2,5 kWh/dia e com o seu carregador de 700 W demora 3,6 h a carregar, obtendo-se o valor final de 0,09 €/kWh.

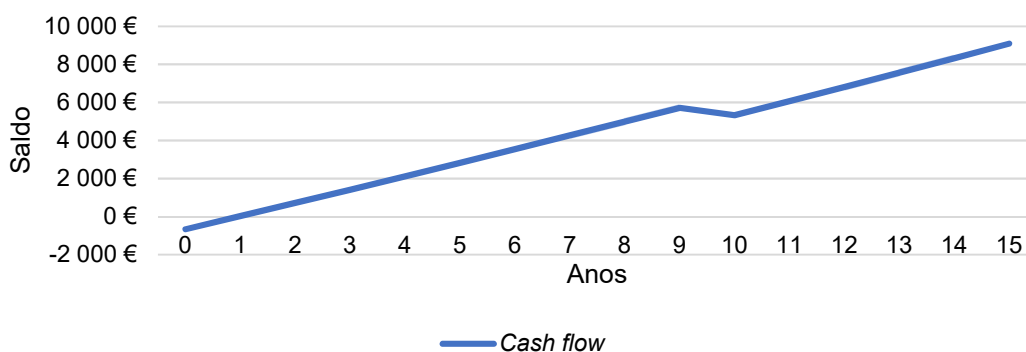


Gráfico 16- Variação do *cash flow* para o investimento da Vortex SWR em relação à
Honda SH-125I 34-CA-06

Relativamente a esta mota, o tempo de amortização será de 1 ano.

De seguida, vem o tempo de amortização do investimento da Vortex SWR com referência à Honda SH-125I de matrícula 34-CA-07, que vai percorrer em média 60 km/dia e com o consumo de 6 kWh/100km vai gastar cerca de 3,6 kWh/dia, sendo necessário 5,2 h para carregar com o valor de 0,11 €/kWh.

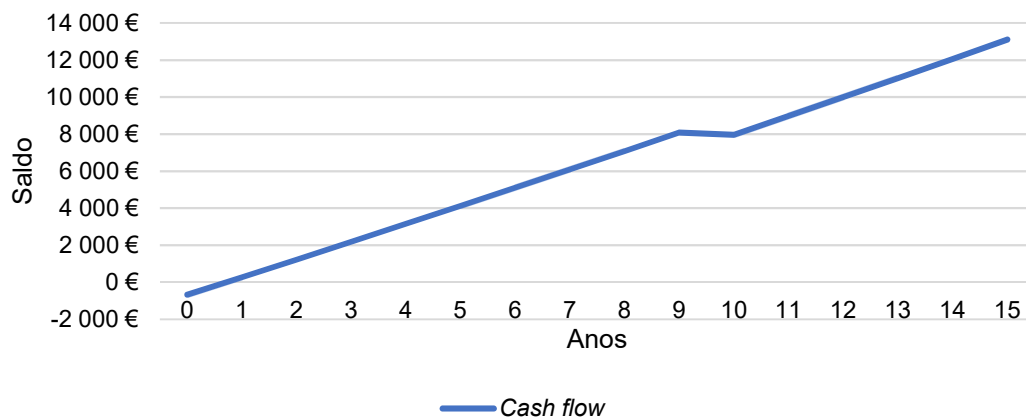
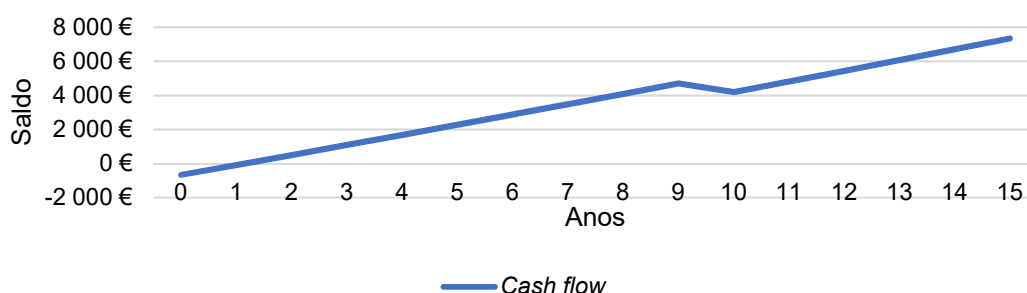


Gráfico 17- Variação do *cash flow* para o investimento da Vortex SWR em relação à
Honda SH-125I 34-CA-07

Tendo em conta os gastos da Honda SH-125I 34-CA-07, o tempo de amortização será de aproximadamente 10 meses.

Por fim, para terminar a análise das motas, no próximo gráfico está o tempo de amortização do investimento da Vortex SWR em virtude da Honda SH-125I 34-CA-08. Neste caso, a mota elétrica

andar  em média 31 km/dia e com o seu consumo de 6 kWh/100km vai gastar cerca de 1,7 kWh/dia, demorando 2,7 h a carregar, com o valor de 0,07 €/kWh.



Gráfico 18- Variação do *cash flow* para o investimento da Vortex SWR em rela   o  
Honda SH-125I 34-CA-08

Aqui, devido aos gastos da Honda SH-125I 34-CA-08, o tempo de amortiza   o será de 1 ano e 3 meses sensivelmente.

3.4.2. Cenário 2

O cenário 2, consiste no carregamento dos veículos só no período vazio.

Uma vez que vão ser carregados apenas em vazio o preço do kWh vai ser muito mais baixo do que nos casos anteriores, melhorando assim o tempo de amortiza   o do investimento como se pode ver a seguir.

3.4.2.1. Peugeot 207

Começando pelos veículos ligeiros de passageiros, em primeiro lugar temos o tempo de amortiza   o do investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em rela   o ao Peugeot 207. Com um tempo de carregamento de 7,1 horas apenas em vazio, o preço do kWh vai ser de 0,06 €. Começando pelo Renault Zoe, temos o seguinte gráfico:

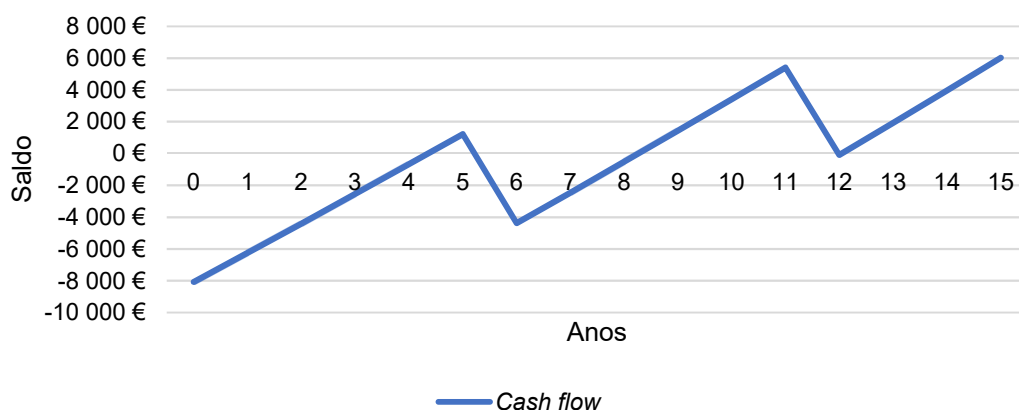


Gráfico 19- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 207 com carregamento em vazio

Em comparação com o cenário 1, o tempo de amortização já vai ser mais favorável, tendo um lucro maior ao longo dos anos.

De seguida, está o tempo de amortização do investimento do Nissan Leaf relativamente ao Peugeot 207.

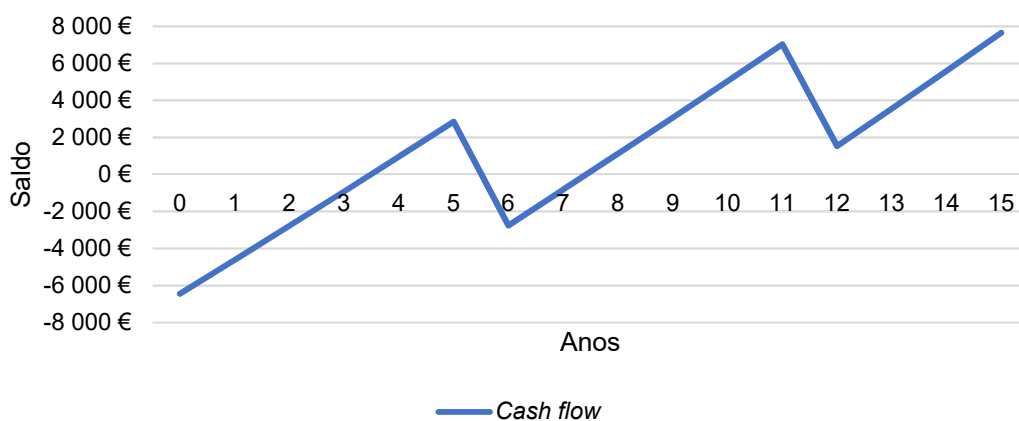


Gráfico 20- Variação do *cash flow* para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207 com carregamento em vazio

Tal como aconteceu no caso anterior, vai obter-se mais lucro, obtendo-se um tempo de amortização de 7 anos e 6 meses sensivelmente.

Para se perceber a diferença entre o tempo de amortização dos veículos elétricos temos o seguinte gráfico:

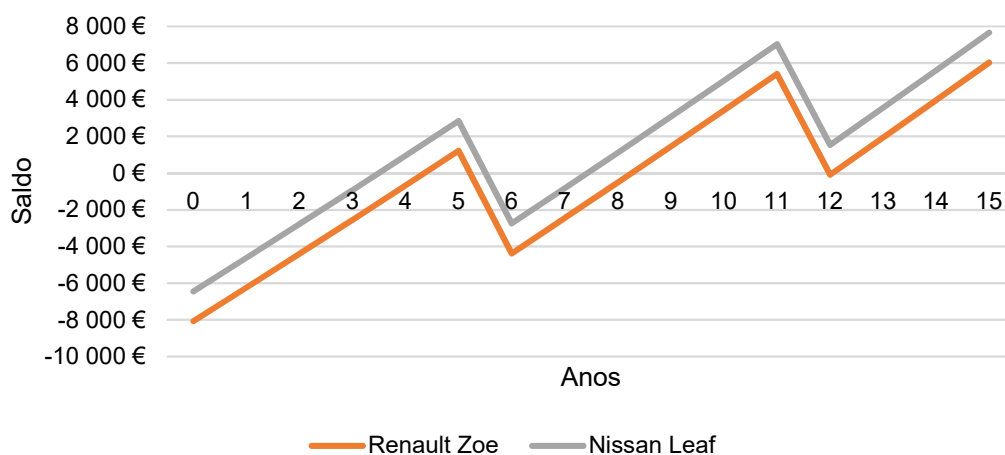


Gráfico 21- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207 com carregamento em vazio

Os lucros do Nissan Leaf vão ser sempre superiores ao Renault Zoe, concluindo-se então que este é a melhor opção.

3.4.2.2. Peugeot 208

Comparando os mesmos veículos elétricos ao Peugeot 208, pode verificar-se no gráfico seguinte o tempo de amortização do investimento do Renault Zoe em relação a este. De salientar, que aqui o tempo de carregamento para os veículos será de 8,2 h dando um valor final de 0,08 €/kWh.

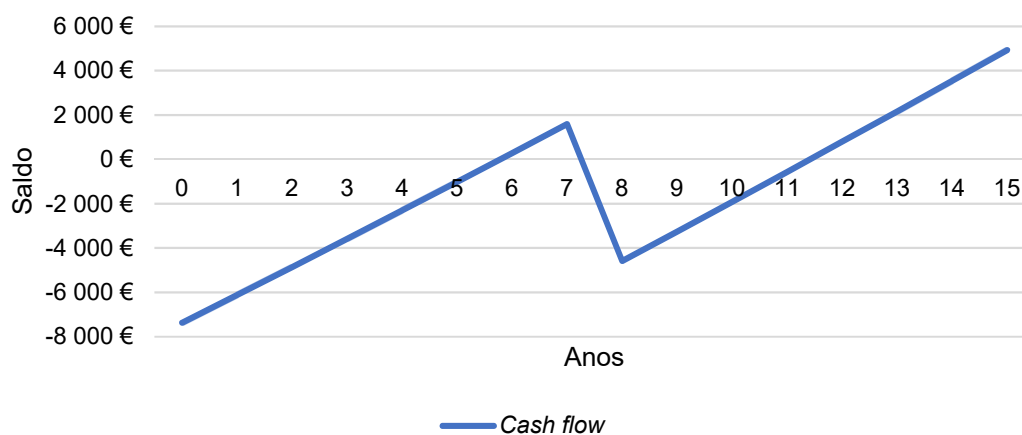


Gráfico 22- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe em relação ao Peugeot 208 com carregamento em vazio

Neste caso, o tempo de amortização será de 11 anos e 5 meses aproximadamente.

De seguida, temos o tempo de amortização do investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208.

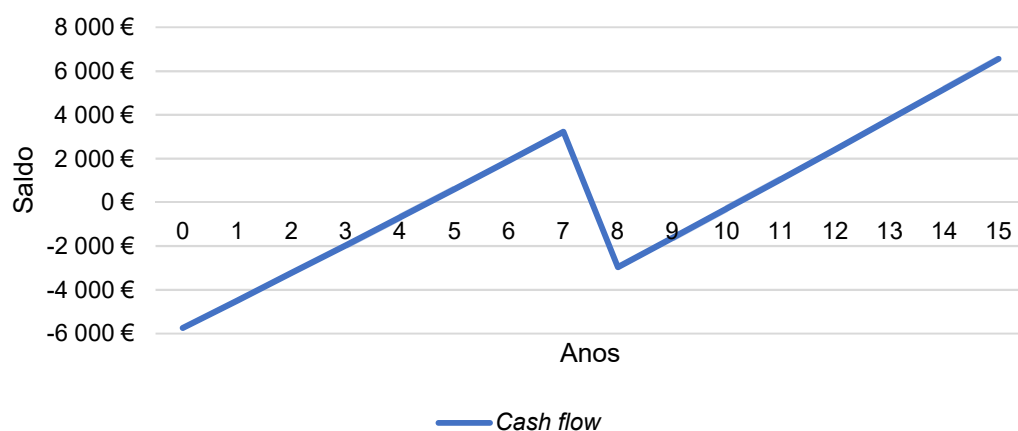


Gráfico 23- Variação do *cash flow* para o investimento do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208 com carregamento em vazio

Com um tempo de amortização de 10 anos e 3 meses, vai melhorar a situação referente ao cenário anterior.

Agora, uma comparação entre o tempo de amortização dos dois veículos elétricos.

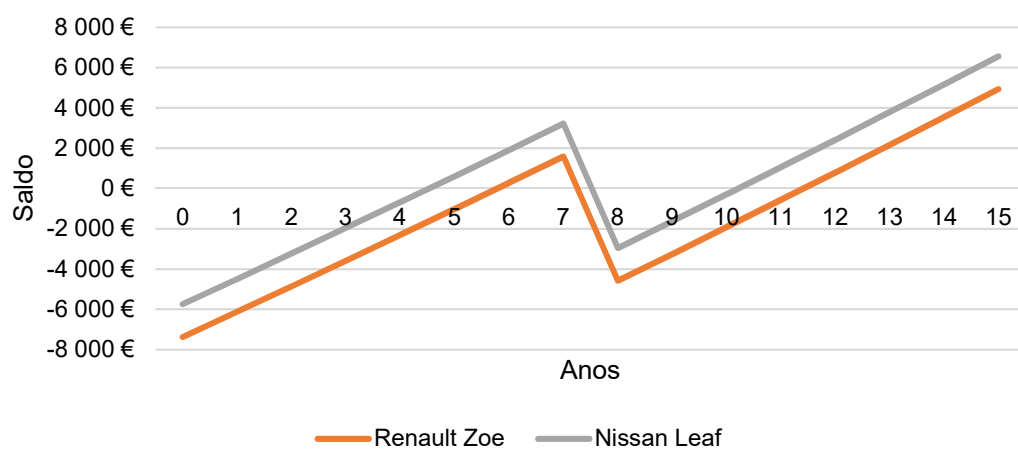


Gráfico 24- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 208 com carregamento em vazio

Comparando os dois veículos, chega-se à conclusão que o Nissan Leaf é novamente a melhor opção.

3.4.2.3. Opel Zafira

Por fim, vem o tempo de amortização do investimento relacionado com a Opel Zafira. Os veículos vão carregar 6,2 h durante o vazio dando o valor final de 0,07 €/kWh. Começando novamente pelo Renault Zoe, temos o seguinte gráfico:

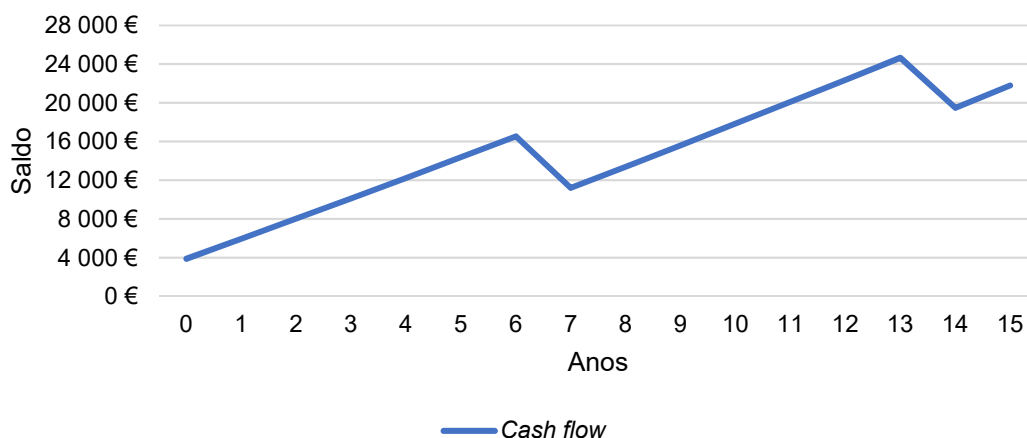


Gráfico 25- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe em relação à Opel Zafira com carregamento em vazio

Tal como no cenário anterior, logo no ano 0 o Renault Zoe fica pago, mas com a diferença que se vai obter lucros maiores nos anos seguintes.

Seguidamente, temos o tempo de amortização do investimento do Nissan Leaf em relação à mesma.

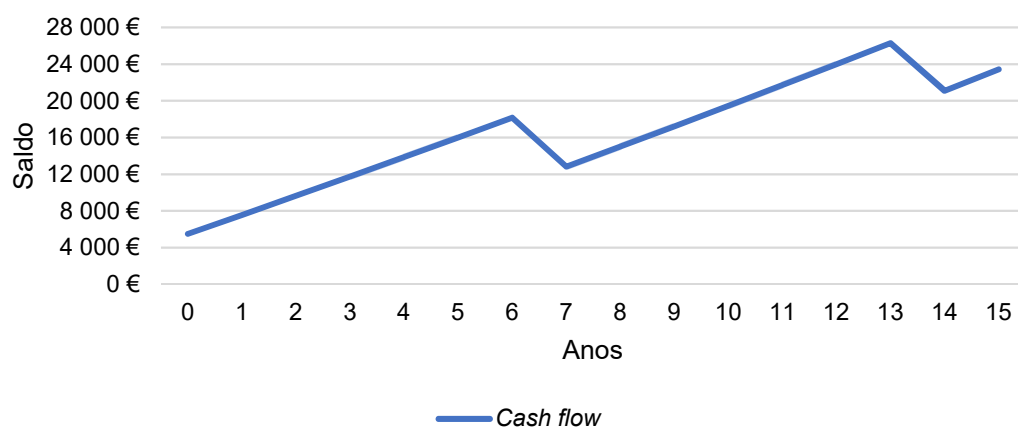


Gráfico 26- Variação do *cash flow* para o investimento do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira com carregamento em vazio

Aqui, o lucro também é superior comparado ao primeiro cenário, e maior que o lucro obtido com o Renault Zoe como se pode ver no gráfico 25.

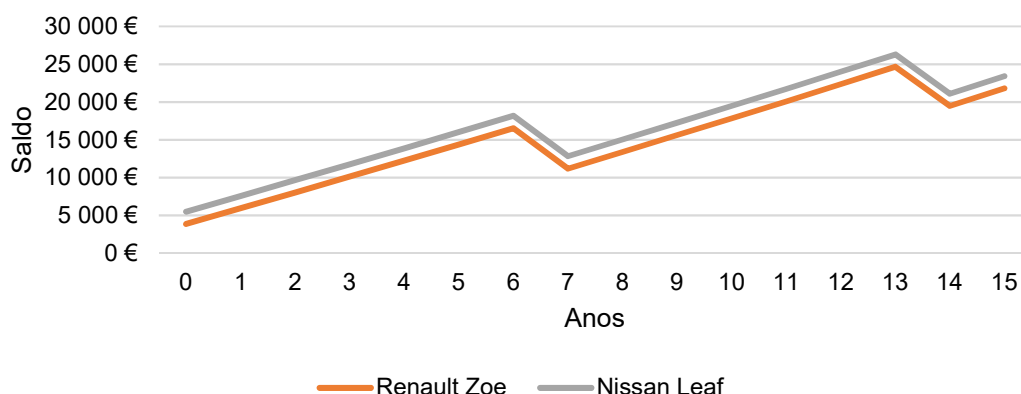


Gráfico 27- Variação do *cash flow* para o investimento do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação à Opel Zafira com carregamento em vazio

3.4.2.4. Peugeot Bipper

Agora vêm os veículos ligeiros de mercadorias, nos quais começamos por analisar o tempo de amortização do investimento da Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper no próximo gráfico. Devido às suas 11 h de carregamento, não vai ser possível carregar apenas em vazio, uma vez que esse período é das 22h às 8h, sendo assim irá ter que carregar também em ponta e cheio, com o valor final de 0,08 €/kWh.

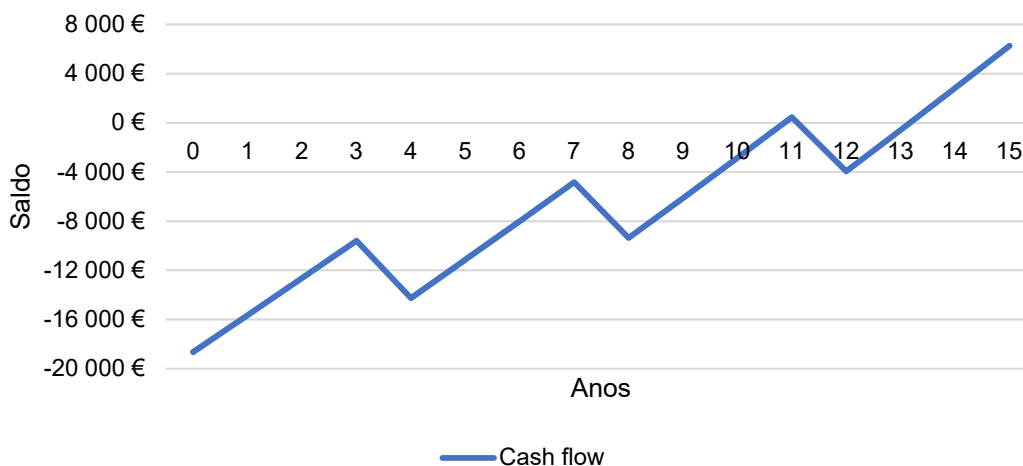


Gráfico 28- Variação do *cash flow* para o investimento da Renault Kangoo Z.E em relação à Peugeot Bipper com carregamento em vazio

Nesta situação, devido ao preço do kWh os lucros também vão ser maiores, obtendo-se um tempo de amortização de 13 anos e 2 meses aproximadamente.

3.4.2.5. Opel Vivaro

De seguida, temos o tempo de amortização do investimento da Nissan E-NV200 em relação à Opel Vivaro que com o seu carregamento de 9 h em vazio vai ter um valor para o kWh de 0,07 €.

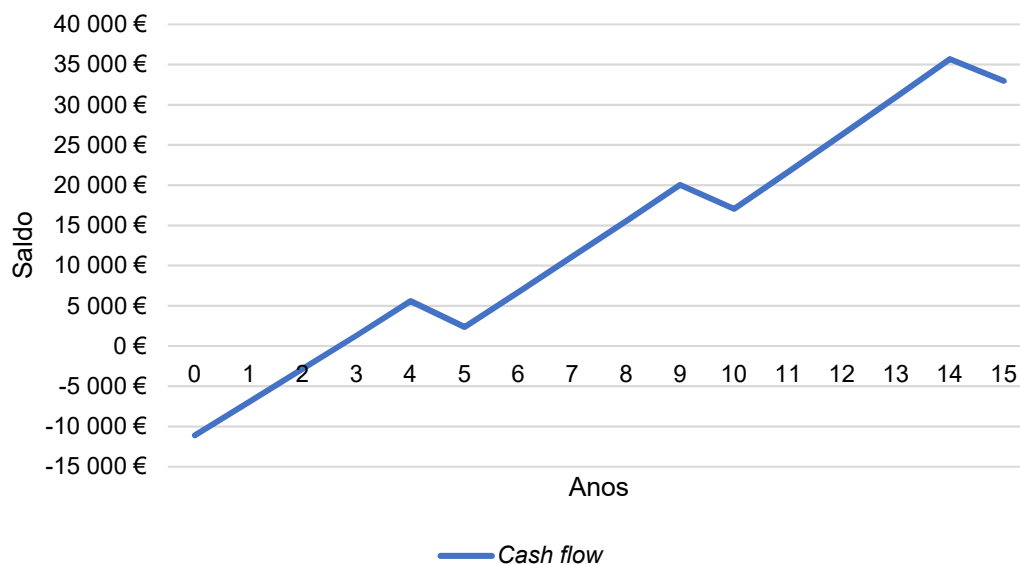


Gráfico 29- Variação do *cash flow* para o investimento da Nissan E-NV200 em relação à Opel Vivaro com carregamento em vazio

Neste caso, o tempo de amortização é de 2 anos e 10 meses sensivelmente.

3.4.2.6. Honda SH-125I

Terminados os veículos ligeiros de mercadorias vêm as motos. Aqui, encontra-se o tempo de amortização do investimento da Vortex SWR comparado à Honda SH-125I de matrícula 34-CA-06. Devido ao seu tempo de carregamento, o valor do kWh será de 0,03 €.

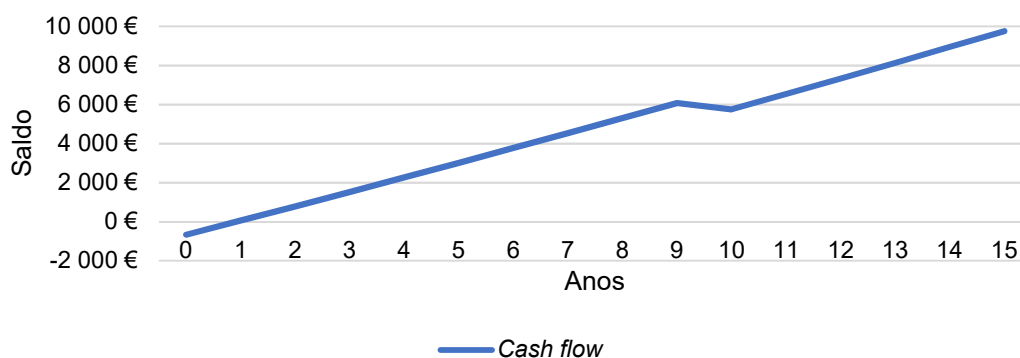


Gráfico 30- Variação do *cash flow* para o investimento da Vortex SWR em relação à Honda SH-125I 34-CA-06 com carregamento em vazio

Nesta situação, o tempo de amortização é de 1 ano, com um lucro ligeiramente superior em relação ao primeiro cenário.

De seguida, temos o tempo de amortização do investimento da mesma mota elétrica em relação à Honda SH-125I de matrícula 34-CA-07 e com o preço do kWh de 0,04 €.

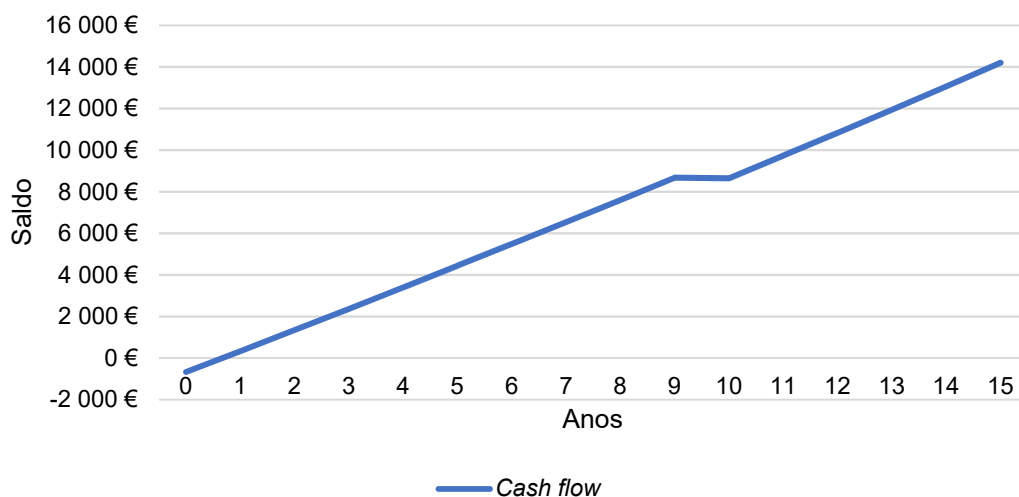


Gráfico 31- Variação do *cash flow* para o investimento da Vortex SWR em relação à
Honda SH-125I 34-CA-07 se carregar no período vazio

Tal como no primeiro cenário o tempo de amortização também será de 10 meses, com um lucro ligeiramente superior.

Por último, temos o tempo de amortização do investimento da Vortex em relação à Honda SH- 125I de matricula 34-CA-08, com o kWh a 0,02 €.

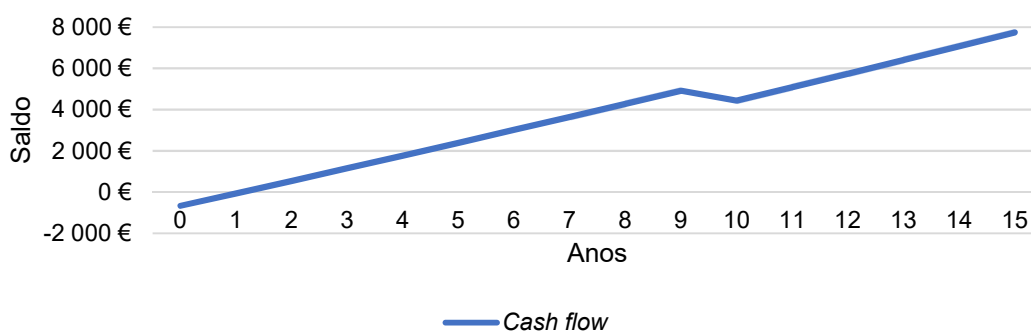


Gráfico 32- Variação do *cash flow* para o investimento da Vortex SWR em relação à
Honda SH-125I 34-CA-08 se carregar no período vazio

Finalmente, neste caso o tempo de amortização será de 1 ano e 2 meses aproximadamente, novamente com lucro superior.

3.4.3. Emissões

Neste ponto, vamos analisar todas as emissões de CO₂ de todos os veículos elétricos comparativamente aos veículos a combustível fóssil, contemplando as emissões no fabrico de cada um e durante o seu tempo de uso, usando uma vida útil de 15 anos. A principal fonte de emissões nos veículos elétricos é na sua produção, ou seja, no ano 0.

É durante o seu tempo de uso que os veículos elétricos vão minimizar as suas emissões, pois vão emitir muito menos que um veículo que funciona a combustível fóssil. As emissões de CO₂ por cada kWh produzido para carregar os veículos elétricos são 0,47 kg/kWh, já nos veículos convencionais as suas emissões vão depender de carro para carro como se pode ver mais à frente. [65]

Durante os 15 anos, as emissões dos veículos elétricos vão ter algumas variações devido à substituição das baterias, pois uma vez que os veículos necessitam de baterias novas será necessário produzi-las, existindo novamente emissões.

Nos veículos convencionais não foram consideradas as emissões das suas manutenções, desde substituição de filtros e óleo, sendo que as emissões de escape foram retiradas do site da marca de cada veículo.

Primeiramente, vamos analisar os veículos ligeiros de passageiros, começando pelas emissões do Renault Zoe e do Nissan Leaf em relação ao Peugeot 207, Peugeot 208 e Opel Zafira, sendo que as emissões destes veículos elétricos são iguais. Na produção de um Renault Zoe e um Nissan Leaf são emitidos cerca de 12 000 kg de CO₂, dos quais 5 000 kg provêm da produção da bateria, comparado com os veículos convencionais que emitem menos 31% das emissões na sua produção, dando um total de 8 280 kg. [66]

A linha do Renault Zoe e do Nissan Leaf são iguais, estando assim sobrepostas.

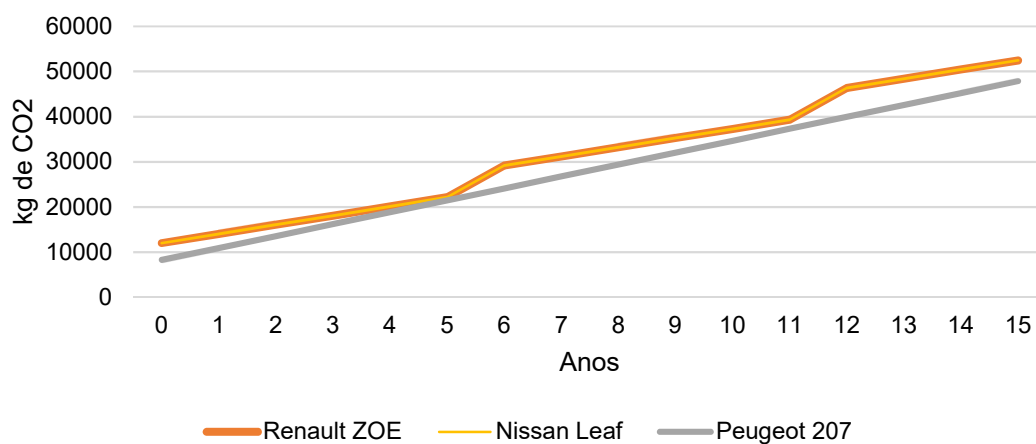


Gráfico 33- Emissões de CO2 do Renault Zoe e do Nissan Leaf em comparação com o Peugeot 207

Conhecendo já as emissões na produção, durante o seu uso as emissões do Peugeot 207 são de 0,11 kg/km. Entretanto, a cada 6 anos será necessário trocar a bateria, obtendo-se os respectivos valores em cima no gráfico 33.

Posteriormente, temos as emissões do Renault Zoe e do Nissan Leaf equiparadas com o Peugeot 208.

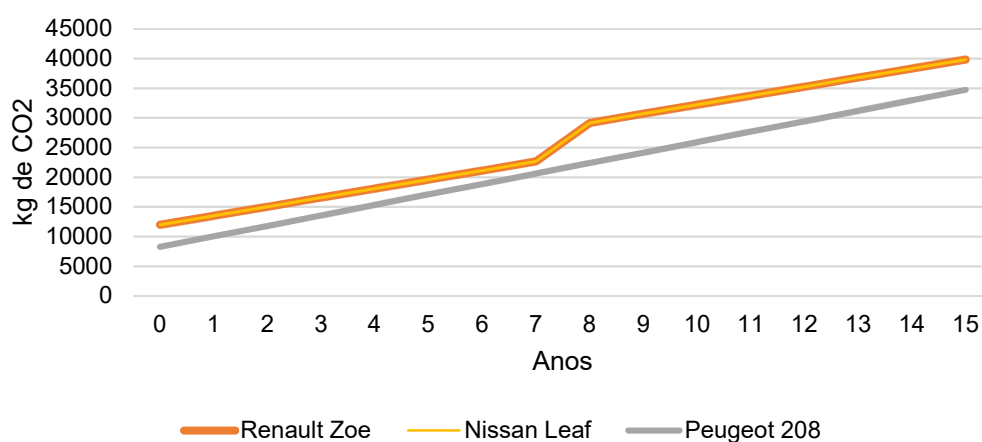


Gráfico 34- Emissões do Renault Zoe e do Nissan Leaf comparadas com as do Peugeot 208

Neste caso, as emissões de escape do Peugeot 208 são de 0,098 kg/km e a substituição da bateria será a cada 8 anos.

Seguidamente e para terminar, temos novamente as emissões dos mesmos veículos elétricos comparadas com a Opel Zafira.

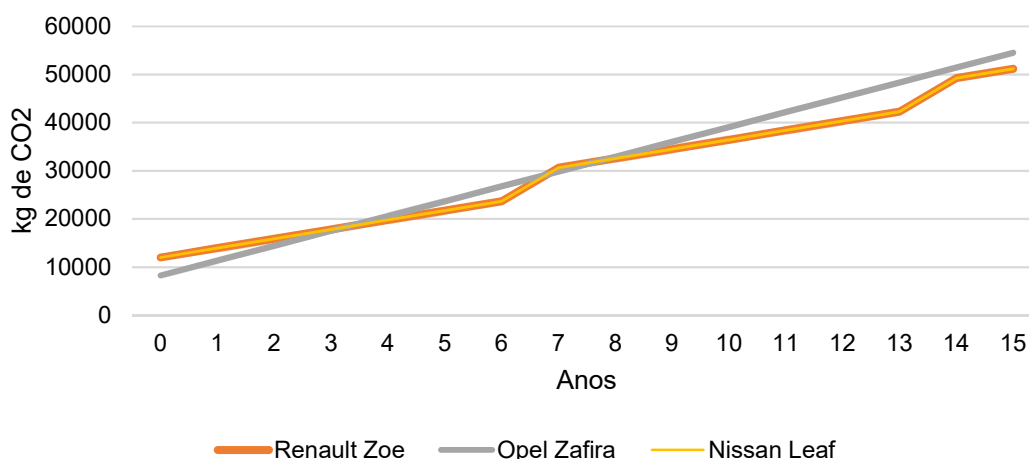


Gráfico 35- Emissões do Renault Zoe e do Nissan Leaf comparadas com as da Opel Zafira

Aqui, as emissões de escape da Opel Zafira são de 0,134 kg/km, com a bateria a ser trocada a cada 7 anos.

De seguida, vamos analisar os veículos ligeiros de mercadorias, começando pelas emissões de uma Renault Kangoo Z.E com a Peugeot Bipper. Para produzir uma Renault Kangoo Z.E são emitidos 10 000 kg de CO₂, sendo que 3 000 kg são da produção da bateria. No caso Peugeot Bipper, as emissões também vão ser menos 31% como nos veículos ligeiros de passageiros, dando um total de 6 900 Kg. [66]

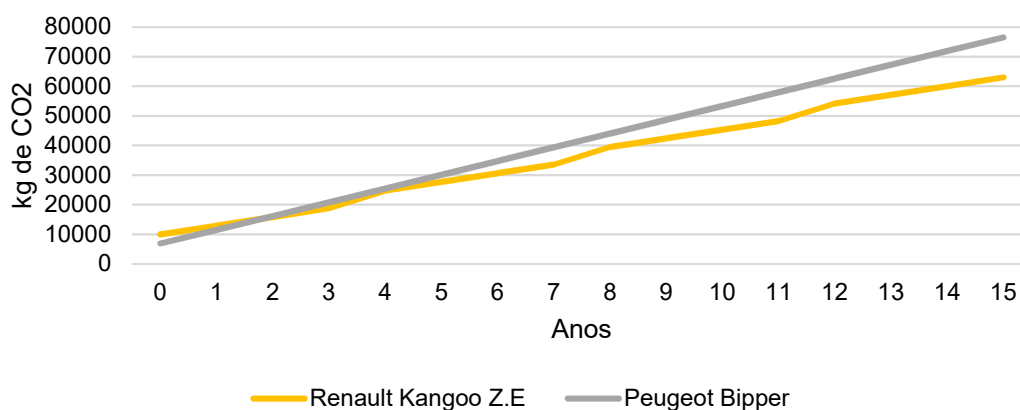


Gráfico 36- Emissões da Renault Kangoo Z.E comparadas à Peugeot Bipper

Apesar das emissões serem superiores na produção, no resto da sua vida útil as emissões de escape da Peugeot Bipper são de 0,119 kg/km, sendo necessário substituir a sua bateria em intervalos de 4 anos.

Para terminar os veículos ligeiros de mercadorias temos a comparação entre uma Nissan E- NV200 com a Opel Vivaro, com as emissões da produção a serem as mesmas que a Renault Kangoo Z.E.

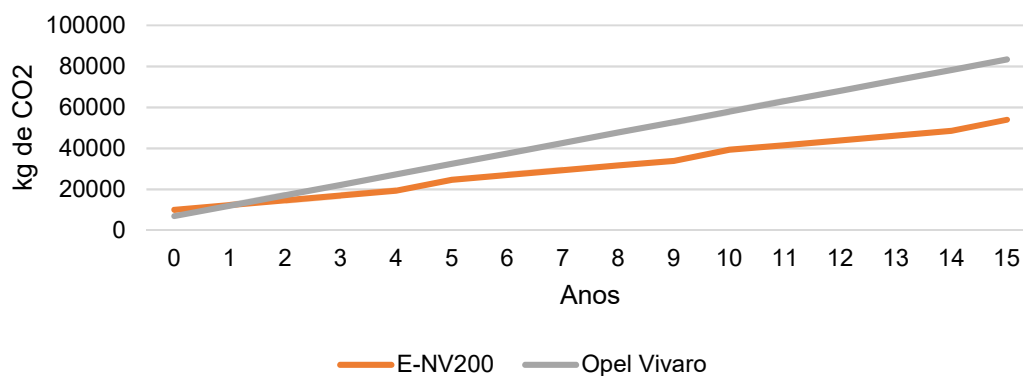


Gráfico 37- Emissões da E-NV200 em comparadas às da Opel Vivaro

Durante o seu tempo uso, as emissões da Opel Vivaro são de 0,17 kg/km, com a troca da bateria a ser a cada 5 anos.

Relativamente às emissões das motas, não foi possível efetuar o seu cálculo devido à falta de informação credível.

Capítulo IV

4. Aplicação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo

A constante evolução da tecnologia leva a que o consumo de energia em casas e edifícios seja cada vez maior e para além disso os preços da eletricidade têm vindo a aumentar constantemente.

Sendo assim, é necessário encontrar formas alternativas de produção de energia de modo a reduzir o valor das faturas de eletricidade. Das várias opções existentes temos os sistemas solares fotovoltaicos, que produzem energia elétrica a partir de energia solar, como descrito mais à frente.

4.1. Enquadramento Legal

Hoje em dia, o consumo de energia elétrica é cada vez maior e o preço que se paga pela eletricidade numa habitação tem vindo a crescer substancialmente. Para minimizar este problema, são instalados sistemas fotovoltaicos para poderem aproveitar a energia proveniente do sol e produzirem energia elétrica.

Como consequência disso, tem vindo a surgir em vários países uma legislação para os sistemas de autoconsumo que vão permitir aos consumidores produzir a sua própria energia elétrica, mantendo-se ligados à rede de distribuição, podendo vender o excesso de energia produzida à própria rede.

Atualmente em Portugal o Decreto-Lei nº153 a 20 de outubro de 2014 estabelece o regime jurídico aplicado à produção de eletricidade e destina-se às unidades de produção de autoconsumo (UPAC), com ou sem ligação à rede elétrica pública, baseado em tecnologias renováveis ou não renováveis. Estabelece também o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, vendida na sua totalidade à rede elétrica de serviço público (RESP), através de instalações com menor potência, a partir de recursos renováveis, designadas por unidades de pequena produção (UPP). [67]

Neste projeto foi dimensionada uma UPAC, existindo algumas condições de licenciamento para poder fazer a sua instalação. Se a instalação tiver potência instalada igual ou inferior a 200 W está isenta de controlo prévio. Se a potência for entre os 200 e 1500 W ou se a instalação elétrica utilizada não esteja ligada à RESP será necessária uma mera comunicação prévia de exploração. Se a potência for entre 1,5 kW a 1MW é necessária uma comunicação prévia, um certificado de exploração, o pagamento da taxa de registo consoante a potência a instalar e um contador com Telecontagem. Se a potência instalada for superior a 1 MW será necessário apresentar uma licença de produção e exploração, juntamente com um contador de produção.

A UPAC é instalada junto aos locais de consumo e a produção anual dos sistemas deve ser inferior às necessidades de consumo, sendo o excedente ejetado na RESP e vendido ao comercializador de último recurso (CUR). [68]

4.2. Sistema fotovoltaico

Com o aumento da procura de energia foram desenvolvidas novas energias alternativas, as chamadas energias renováveis. Uma destas é a energia solar fotovoltaica, que é altamente atraente e extremamente promissora, pois a energia que incide na terra proveniente do sol é maior que o consumo de energia global de hoje.

A energia solar fotovoltaica tem várias vantagens, como por exemplo, o seu preço de manutenção reduzido, esta é limpa e silenciosa, pode ser instalada junto ao local de consumo e tem uma conversão de energia eficiente.

O desafio consiste em tornar a energia solar mais competitiva economicamente, trabalhando com materiais que existem em abundância imediatamente disponíveis, mesmo com todas as suas restrições, tornando-os tão económicos quanto possível. A energia solar fotovoltaica tem sido implementada globalmente, e na ultima década cresceu exponencialmente globalizando para além da UE em mercados emergentes.

4.2.1. Autoconsumo

Através do Decreto-Lei nº153/2014 de 20 de outubro, foram criados os regimes jurídicos aplicáveis à produção de eletricidade destinada ao autoconsumo e venda à rede elétrica de serviço público a partir de recursos renováveis, por intermédio de unidades de pequena produção.

Com o autoconsumo, qualquer consumidor de energia particular ou empresa pode instalar um sistema fotovoltaico e produzir energia para consumo próprio, reduzindo assim a dependência do comercializador de energia e consequentemente reduzir o valor da fatura mensal de energia.

As instalações fotovoltaicas de autoconsumo podem ou não estar ligadas à rede pública. Nos sistemas que estão diretamente ligados à rede, a energia consumida pelo proprietário pode ser do seu próprio sistema fotovoltaico ou então da rede elétrica caso o sistema não consiga satisfazer o seu consumo atual, dando sempre prioridade à energia que é autoproduzida.

Relativamente ao excesso de energia produzido por um sistema fotovoltaico, é possível diferenciar os sistemas sem injeção e com injeção na rede. Os sistemas sem injeção na rede elétrica não injetam o excesso de energia produzida e a energia que é autoproduzida pode ser consumida imediatamente após a sua produção ou então pode ser armazenada em baterias. Por outro lado, os sistemas com injeção na rede produzem a sua própria energia e injetam o excesso na rede elétrica, abastecendo-se apenas caso seja necessário. [69]

4.2.2. Componentes de um sistema para autoconsumo

Os sistemas fotovoltaicos devem ser seguros, fiáveis e eficientes. Os componentes do sistema devem ser escolhidos de modo a proporcionarem um desempenho otimizado das células e dos módulos fotovoltaicos, funcionando em conjunto para que a energia que é captada pelo sol seja

utilizada corretamente. Na imagem seguinte podemos ver esses mesmos constituintes, seguindo-se da função que cada um desempenha.

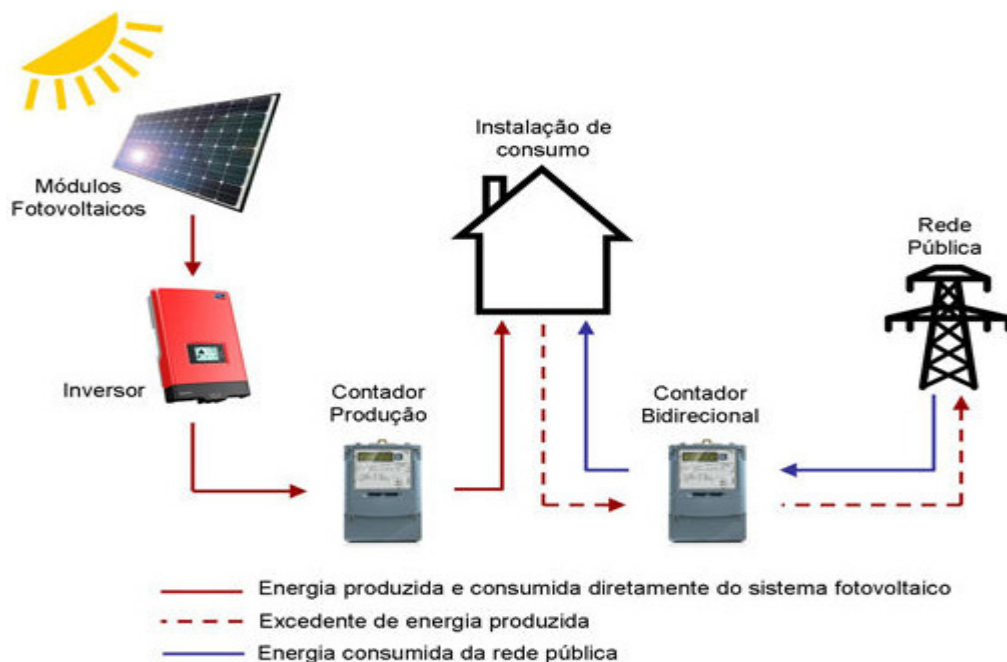


Figura 39- Componentes de uma UPAC [70]

4.2.2.1. Módulos fotovoltaicos

Estes são os constituintes mais importantes do sistema, pois são eles que contêm as células solares que concretizam o efeito fotovoltaico, convertendo a energia proveniente do sol em eletricidade. Estas podem ser de silício monocristalino, silício policristalino ou de silício amorfo. As células de silício monocristalino têm uma eficiência entre os 15 e os 18%, as de silício policristalino têm uma eficiência menor que varia entre os 13 e os 15%, por fim as de silício amorfo com a menor eficiência na conversão da energia solar em eletricidade na ordem 5 a 7%.

Uma vez que uma célula sozinha produz pouca energia elétrica, raramente são utilizadas individualmente, por isso são utilizadas várias células ligadas entre si de forma a criar um módulo fotovoltaico, obtendo-se assim uma estrutura compacta, manuseável e muito resistente, que vai proteger as células fotovoltaicas de ruturas e dos agentes externos atmosféricos. [71]



Figura 40-Módulo fotovoltaico monocristalino [72]

Para obter maiores potências, as células solares podem ser ligadas entre si de várias formas, em série ou em paralelo. Ao serem ligadas em série a tensão vai aumentar e a corrente permanece igual, se for em paralelo a tensão do sistema vai permanecer igual e a corrente vai aumentar. Normalmente as células são ligadas em série fornecendo níveis de tensão entre os 14 e os 16 V.

Se dois ou mais módulos fotovoltaicos forem ligados em série são designados de filas, sendo calculado o número máximo de módulos por fila através da tensão máxima de entrada do inversor, por outro lado, se os módulos forem ligados em paralelo o número máximo de filas é calculado tendo em conta a corrente máxima de entrada do inversor.

Também é possível fazer uma associação mista, ou seja, vários módulos podem ser ligados em série e em paralelo, de forma a aumentar a tensão e a corrente do sistema. De salientar, que neste tipo de ligação as filas devem ter o mesmo número de módulos, sendo que estes obrigatoriamente têm de ter as mesmas características, como tensão, corrente e potência.

4.2.2.2. Contador de produção bidirecional

No sistema fotovoltaico de autoconsumo, o contador de produção bidirecional é o equipamento responsável pela contagem de energia elétrica produzida em excesso pelo sistema fotovoltaico e da energia consumida durante o seu período de funcionamento. [71]



Figura 41- Contador de produção bidirecional [73]

4.2.2.3. Inversor

O inversor ou conversor é um equipamento eletrônico que tem como finalidade converter uma corrente contínua (DC) proveniente das baterias em corrente alternada para que esta possa ser utilizada numa habitação, pois os equipamentos domésticos como computadores, televisões, entre outros, funcionam unicamente com corrente alternada (AC). [71]

Estes podem ser divididos em duas categorias diferentes, inversores independentes que são utilizados para sistemas autónomos e de sincronização exterior usados em sistemas ligados à rede. Estes últimos podem ser bidirecionais possibilitando a passagem de corrente elétrica em qualquer dos sentidos, ou seja, vai passar a energia produzida pelo sistema para o consumidor e o excedente que é entregue à rede. Se a energia produzida não for suficiente para alimentar as cargas, é necessário que a rede forneça o que está em falta. Os inversores para as ligações à rede têm uma característica de segurança importante, se a tensão da rede falhar, os sistemas fotovoltaicos são automaticamente desligados por ação do inversor, evitando assim injeção de energia nessas situações.

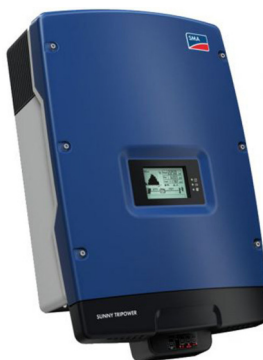


Figura 42- Inversor [74]

4.3. Dimensionamento

Antes de fazer o dimensionamento é necessário avaliar o recurso solar e realizar uma análise cuidadosa ao local da instalação.

Para avaliar o recurso solar, é necessário calcular a radiação solar global que vai incidir nos painéis solares fotovoltaicos, estes valores são caracterizados através de valores de energia instantâneos por uma unidade de área, conhecidos como irradiância.

Após a análise destes dados, é necessário verificar a área do local da instalação, a orientação e inclinação necessária para que os painéis fotovoltaicos possam captar a maior quantidade de energia possível.

Relativamente ao local, devem ser averiguados todos os sombreamentos existentes, pois se houver sombra o rendimento dos painéis fotovoltaicos vai ser menor, uma vez que não consegue captar toda a irradiância do sol, diminuindo assim a produção e a vida útil dos painéis.

De forma a analisar a potência necessária para a empresa, foi analisado o diagrama de carga dos consumos diários da mesma durante uma semana, podendo-se ver na próxima figura.

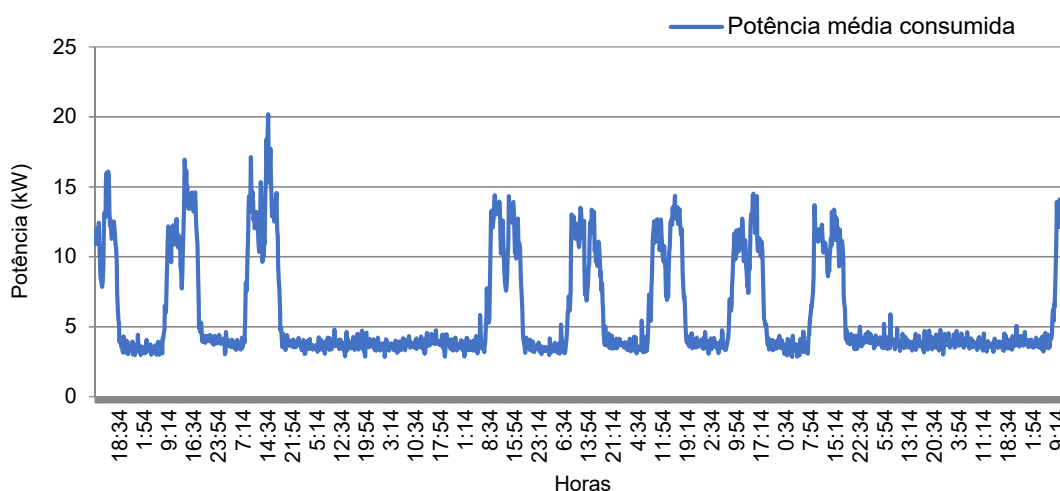


Figura 43- Diagrama de carga da empresa

Analisando o diagrama de carga, pode ver-se que a potência média consumida da empresa durante o dia varia entre os 14 e os 16 kW aproximadamente, comparada com os 4 kW durante a noite. Esta diferença de potências, deve-se aos consumos dos vários equipamentos da empresa quando esta está em funcionamento, ou seja, durante o dia. Os intervalos maiores de 4 kW correspondem ao fim de semana, sendo que depois destes intervalos existem mais 5 picos de 14 kW correspondentes aos dias da semana. Neste diagrama, os dados retirados começaram a uma quarta-feira e terminaram a uma segunda-feira.

Sendo assim, o sistema fotovoltaico será dimensionado com a ajuda do software SMA, Sunny Design Web e terá uma potência de 8,64 kWp de forma a cobrir todas as perdas do sistema e conseguir suportar metade da potência diária. Se o sistema estiver a produzir em excesso, a empresa vai vender esse excedente à rede num valor entre 0,04 € e 0,05 € por cada kW vendido, utilizando o valor de 0,045 €/kWh. [67]

4.3.1. Módulos fotovoltaicos

Depois de analisar o local, são escolhidos os módulos fotovoltaicos mais apropriados às características existentes, neste caso vão ser utilizados módulos com as seguintes especificações:

Tabela 16- Especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos

Parâmetros	800 W/m ²	1000 W/m ²
Eficiência – η (%)	16,1 %	
Potência nominal – P_{\max} (W _p)	201,3	270
Dimensões (Comprimento x Largura) (mm x mm)	1675*1001	
Temperatura nominal de funcionamento – NOTC (°C)	46	
Corrente nominal – I_{\max} (A)	7,12	8,81
Tensão nominal (V)	28,3	30,9
Corrente de curto-circuito – I_{cc} (A)	7,63	9,44
Tensão de circuito aberto – V_{AC} (V)	35,9	39,2
Coeficiente de temperatura de V_{AC} – ΔV de V_{AC} (mV/°C)	0,30	
Coeficiente de temperatura de I_{cc} – ΔI de I_{cc} (mA/°C)	0,040	
Preço (€)	227	
Garantia (anos)	10	

As especificações técnicas acima referidas vão servir como base para escolher os restantes equipamentos do sistema fotovoltaico. A diferença entre os 800 W/m² e os 1000 W/m² são as condições reais e as condições padrão, eu seja, as condições padrão são testadas em laboratório utilizando uma irradiação de 1000 W/m² e uma temperatura de 25 °C para o painel, obtendo-se valores um pouco maiores em alguns parâmetros do painel.

Depois de escolhido o painel e saber a quantidade de energia que se pretende produzir, determina-se a quantidade de painéis necessária através da potência máxima do mesmo.

4.3.2. Inversor

Normalmente, utiliza-se mais que um inversor nos sistemas fotovoltaicos devido às suas potências elevadas.

Quando se escolhe o inversor deve-se ter em conta o seu rendimento, qual o número máximo de filas que consegue sustentar e qual a tensão e corrente máxima e mínima de entrada e saída. Estas especificações são bastante importantes para o sistema, sendo necessário respeitá-las inteiramente.

Neste caso, será instalado um inversor central para todo o sistema, este deve ser instalado de forma a ficar livre da exposição direta a raios solares, chuva, humidade excessiva e maresia, deve estar longe de gases e líquidos explosivos ou corrosivos e por fim livre de vibrações excessivas, poeiras ou partículas metálicas suspensas no ar.

A potência do inversor é determinada tendo em conta a potência do gerador fotovoltaico, sendo que esta deve ser superior 70% em relação ao mesmo e inferior 120% a essa mesma potência, como se pode ver no seguinte intervalo:

$$0,7 \times P_{PV} < P_{INV\ DC} < 1,2 \times P_{PV} \quad (5)$$

4.3.3. Cabos e proteções

Outro aspeto a ter em conta para um bom funcionamento do sistema, é o dimensionamento dos cabos elétricos. Os cabos devem conseguir aguentar as condições climáticas, térmicas e mecânicas do local onde vão ser instalados, juntamente com as correntes e tensões máximas a que estão sujeitos.

A corrente máxima que o cabo consegue aguentar vai depender de vários fatores, desde a corrente máxima do sistema até à temperatura máxima que o cabo pode atingir. Nas instalações fotovoltaicas existem três tipos de cabos que são utilizados, como o cabo de fila, cabo principal DC e o cabo AC. O cabo de fila é usado para ligar os vários painéis das várias filas à caixa de junção e o cabo principal DC é usado para ligar a caixa de junção ao inversor. Ambos devem ter capacidade para transportar uma corrente 25% superior à corrente de curto circuito do gerador com as condições de referência e estar protegido contra falhas de terras e curto-circuitos. Por fim, o cabo AC vai estabelecer a ligação entre o inversor e a rede elétrica.

No que diz respeito às proteções, todos os sistemas elétricos devem estar protegidos e um sistema fotovoltaico não é exceção. Estas proteções são dispositivos que asseguram a proteção das instalações e das pessoas, garantindo assim a continuidade do serviço, por isso nos sistemas fotovoltaicos devem existir vários níveis de proteção e de secções, estando equipados com interruptores ou disjuntores em cada secção das várias partes da instalação DC e AC.

4.4. Informações do projeto

Na tabela seguinte, estão todas as informações do projeto fotovoltaico.

Tabela 17- Informações do projeto

Quantidade total de módulos fotovoltaicos	32
Potência de pico	8,64 kWp
Número de inversores fotovoltaicos	1
Potência nominal CA dos inversores	8 kW
Potência ativa CA	8kW
Relação de potência ativa	92,6 %
Rendimento energético anual	13 349 kWh
Fator de utilização de energia	100 %
Rácio de desempenho	86,4 %
Rendimento energético específico	1 545 kWh/kWp
Consumo anual de energia	144 MWh
Autoconsumo	12 588 kWh
Quota de consumo	94,3 %
Taxa de autonomia (em % do consumo de energia)	8,7%

4.4.1. Custos e poupanças

Através do SMA, Sunny Design Web, foram calculados todos os custos e poupanças com a instalação do sistema fotovoltaico que podem ser vistas nos próximos pontos.

Os custos do sistema são os seguintes:

- Os custos totais para os módulos fotovoltaicos são de 7 264 €;
- A degradação média da potência dos módulos fotovoltaicos é de 0,50 %;
- Os custos totais para os inversores e a monitorização do sistema são de 2 152 €;
- Os custos anuais fixos são de 141,24 €;
- O investimento total é de 9 416 €;

O financiamento usado para o seu desenvolvimento foi o seguinte:

- A quota-parte de capital próprio é de 100 %;
- A taxa de inflação é de 3 %;
- O período de análise da rentabilidade é de 20 anos.

Custos de compra de eletricidade e compensação por injeção na rede:

- O preço de compra da eletricidade é de 0,17 €/kWh;
- A taxa anual de encarecimento da eletricidade é de 3%;
- A compensação por injeção na rede é de 0,045 €/kWh;
- A duração da compensação por injeção na rede é de 20 anos;

Os resultados da rentabilidade do sistema fotovoltaico aproximadamente são os seguintes:

- Custos de compra de eletricidade evitados no primeiro ano são de 2 518 €;
- Poupança total após 20 anos de 54 589 €;
- Custos de compra de eletricidade evitados após 20 anos de 66 032 €;
- Lucro total resultante da injeção na rede após 20 anos de 1 768 €;
- Período de amortização previsto de 4 anos;
- Rendimento anual de 20,66 %.

Na próxima tabela, podem ver-se os custos anuais da eletricidade.

Tabela 18- Comparação dos custos anuais de eletricidade

Hoje, sem o sistema fotovoltaico	28 800 €
Em 20 anos, sem o sistema fotovoltaico	52 016 €
Hoje, com sistema fotovoltaico	26 986 €

Na figura 44, encontra-se a poupança ao longo dos 20 anos.

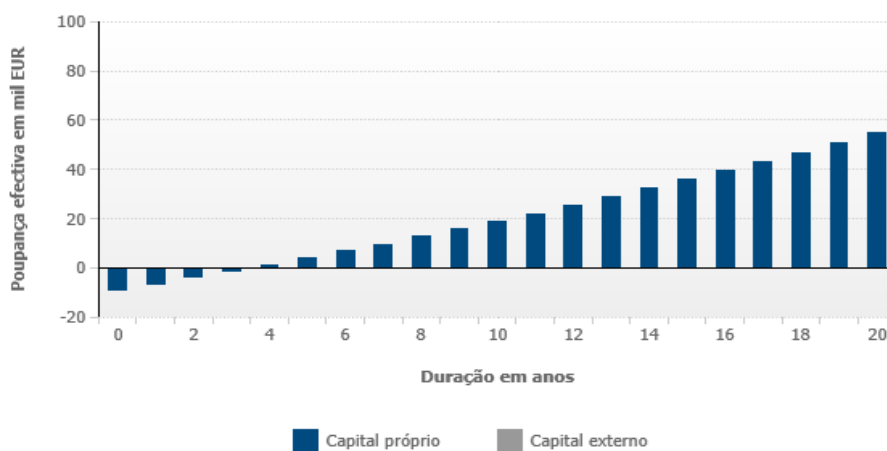


Figura 44- Poupança efetiva em 20 anos

Por fim, na figura 45 estão os custos da eletricidade com e sem sistema fotovoltaico.

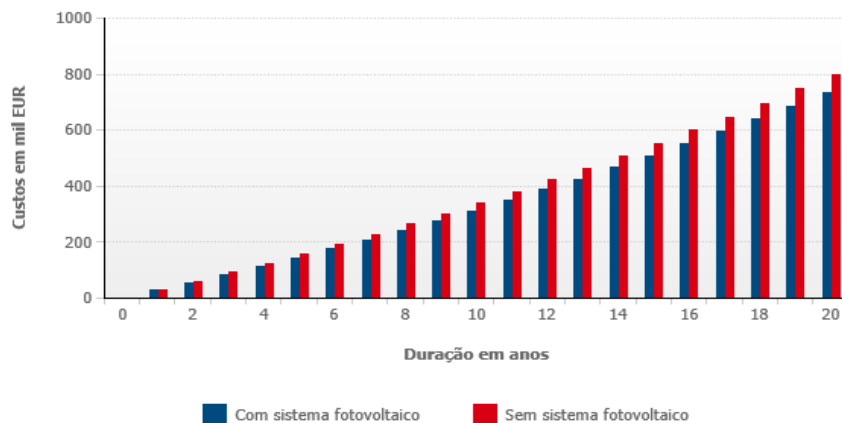


Figura 45- Comparação dos custos de eletricidade acumulados

4.5. Emissões

A energia solar fotovoltaica é considerada uma das formas mais limpas na produção de energia, por ser uma fonte de eletricidade renovável certamente irá reduzir o consumo de combustíveis fósseis e as suas emissões, como CO₂, SO₂ e NO_x. Com os sistemas solares fotovoltaicos podem ser reduzidos cerca de 0,47 kg de CO₂ por cada kWh produzido e até 2030 podem ser reduzidas entre 69 a 100 milhões de toneladas de CO₂, 126 000 a 184 000 toneladas de SO₂ e 68000 a 99000 toneladas de NO_x. [75]

Por outro lado, comparando com outros recursos energéticos, a energia solar também apresenta algumas desvantagens. Na produção de células solares fotovoltaicas são utilizados materiais altamente tóxicos e cancerígenos como cádmio, chumbo, arsênico, níquel e outros, que foram restringidos por políticas ambientais globais. Por exemplo, o cádmio (Cd) é utilizado em células solares de película fina à base de telureto de cádmio como material semicondutor para converter energia solar em energia elétrica. Na manutenção dos sistemas fotovoltaicos, também são usados muitos produtos químicos perigosos como solventes para limpar poeiras e outras sujidades dos painéis solares. Por fim, no seu fim de vida, os painéis fotovoltaicos devido à sua composição tóxica podem ser um perigo para o meio ambiente caso sejam descartados para aterro sem qualquer tipo de cuidado. [76]

Capítulo V

5. Conclusões

Cada vez mais a mobilidade elétrica está presente no nosso quotidiano, a cada dia que passa as pessoas vão apostando mais nos veículos elétricos, não só devido ao preço dos combustíveis, mas também devido às suas emissões de escape nulas, protegendo assim o meio ambiente. Contudo, mesmo com zero emissões durante a sua fase de uso, os veículos elétricos emitem grandes quantidades de CO₂ quando são produzidos principalmente nas baterias, tendo emissões maiores que um veículo convencional quando este é produzido. De forma indireta também vão emitir CO₂ durante o seu uso, uma vez que os veículos elétricos necessitam de eletricidade para fazer o carregamento das suas baterias e nem sempre a produção de eletricidade provem de energias renováveis, sendo usados combustíveis fósseis como o carvão e o gás natural para produzirem energia, emitindo assim CO₂ durante a sua produção.

Apesar de todos estes benefícios económicos e ambientais, existem alguns entraves aos veículos elétricos, é o caso do preço de aquisição e dos tempos de carregamento, pois são veículos mais caros que os convencionais e podem demorar várias horas a carregar. Uma solução para este último, é usar os postos de carregamento rápido que se podem encontrar nas áreas de serviço de algumas autoestradas, carregando 80% da capacidade da sua bateria em apenas 30 minutos. Outra forma de carregar os veículos elétricos é através das tomadas elétricas domésticas, mas devido à sua potência inferior em relação aos postos de carregamento rápido, o seu tempo de carregamento é mais longo.

Toda a energia elétrica dos EV é armazenada em baterias de lítio que se encontram no seu interior, existindo também outras tecnologias de armazenamento de energia, é o caso das pilhas de combustível para as quais já foram realizados vários testes de forma a incorporá-las nos veículos elétricos, principalmente nos camiões, pois para estes é necessária uma grande quantidade de baterias de forma a aumentar a sua autonomia, fazendo assim com que estes fiquem mais caros.

A principal razão pela qual foi feita a avaliação económico-financeira para a empresa Inova, foi devido aos custos atuais que tinham com alguns veículos, desde gastos com o combustível e manutenções. No caso dos elétricos a manutenção tem um valor muito mais reduzido, uma vez que não necessitam de trocas de óleo ou filtros. Neste aspeto, o único problema dos elétricos é a substituição da sua bateria ao fim de 150 000 km, sendo que o preço atual de aquisição de uma bateria nova ronda os 7 500 €.

Na empresa foram analisadas várias substituições de veículos convencionais e calculado o tempo de amortização do investimento para cada caso. Para isso foram usados dois cenários, um em que os veículos iniciavam o seu carregamento na hora em que chegavam à empresa, sendo carregados nos vários períodos da tarifa tri-horária (ponta, cheio, vazio) e outro em que os veículos apenas carregavam no período vazio. Durante estes três períodos o preço o kWh vai alterando, sendo mais barato no período vazio, ou seja, durante a noite. Por fim, obteve-se um valor médio

final para o kWh em cada cenário, chegando-se à conclusão que quando o carregamento dos veículos era efetuado durante o período vazio o preço do kWh final seria muito mais baixo.

Comparando estes dois cenários, conclui-se que o tempo de amortização do investimento dos veículos é muito mais favorável quando estes são carregados em vazio, assim se a empresa efetuar a troca dos veículos, esta deverá carregá-los apenas neste período de forma a pagar menos de eletricidade.

Observando todos os tempos de amortização das soluções sugeridas para os veículos ligeiros de passageiros, conclui-se que o Nissan Leaf é a melhor opção, devido ao seu preço de aquisição ser inferior ao do Renault Zoe, tendo um tempo de amortização menor.

No caso das motos, o tempo de amortização é favorável para todas, principalmente para a Honda SH-125I de matrícula 34-CA-07, com um tempo de amortização de investimento de 10 meses.

Com a aquisição do sistema solar fotovoltaico para a produção de energia elétrica em regime de autoconsumo, a empresa irá reduzir os encargos anuais de eletricidade em cerca de 2000 €, sendo este um bom investimento, uma vez que o tempo de amortização é de apenas 4 anos.

Por fim, na realização do projeto houve algumas limitações relativamente à falta de informação para alguns veículos estudados, dificultando assim o cálculo do tempo de amortização do investimento. Também faltou informação sobre as emissões dos motociclos, sendo assim impossível fazer a comparação nestes veículos.

5.1. Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, relativamente aos veículos elétricos poderá ser efetuada uma nova análise de sensibilidade económica, uma vez que o preço das baterias está sempre a mudar, esperando-se que o seu preço baixe nos próximos anos, alterando assim o tempo de amortização na aquisição dos veículos elétricos.

Uma vez que estão a aparecer cada vez mais veículos elétricos, também poderá ser efetuada uma nova análise económico-financeira para novos carros elétricos, existindo assim mais soluções para a empresa.

Para estudar melhor as emissões de todos os veículos poderá ser feita uma análise ao seu ciclo de vida completo, desde a extração de todos os seus materiais até à sua reciclagem.

No que diz respeito ao sistema fotovoltaico, poderão ser realizados outros dimensionamentos fotovoltaicos para outros edifícios pertencentes à Inova, de forma a que toda a empresa possa reduzir os encargos com a energia.

Capítulo VI

Referências

- [1] D. S. B. d. Santos, “Dissertação: Estudo para a Implementação de Infraestruturas de Carregamento de Veículos Elétricos,” Lisboa, 2015.
- [2] DGEG, “renováveis,” 2017.
- [3] APA, “Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (NIR 2017 – emissões 2015),” 2017.
- [4] S. Leahy, “National Geographic,” 9 Novembro 2017. [Online]. Available: <http://www.natgeo.pt/meio-ambiente/2017/09/carros-eletricos-poderao-dominar-estradas-do-mundo-inteiro-em-2040>. [Acedido em Janeiro 2018].
- [5] D. d. República, “Diário da República,” 20 Fevereiro 2009. [Online]. Available: <https://dre.pt/application/file/601969>. [Acedido em Abril 2018].
- [6] O. d. T. e. E. Ministério do Ambiente, “Diário da República,” 11 Junho 2014. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/25676885/details/normal?l=1>. [Acedido em Abril 2018].
- [7] O. d. T. e. E. - G. d. M. Ministério do Ambiente, “Diário da República,” 10 Agosto 2015. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/69975995/details/normal?q=Despacho+n%C2%BA8809%2F2015+>. [Acedido em Abril 2018].
- [8] D. d. República, “Diário da República,” 1 Setembro 2016. [Online]. Available: https://dre.pt/home/-/dre/75239711/details/maximized?p_auth=FrJjh17f. [Acedido em Abril 2018].
- [9] P. d. C. d. Ministros, “Diário da República,” 1 Setembro 2016. [Online]. Available: https://dre.pt/home/-/dre/75239711/details/maximized?p_auth=FrJjh17f. [Acedido em Abril 2018].
- [10] Economia, “Diário da República,” 02 Fevereiro 2018. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/114627385/details/normal?q=Decreto-Lei+n%C2%BA%204%2F2018>. [Acedido em Abril 2018].
- [11] J. Longhorne, “American Auto Move,” [Online]. Available: <http://www.americanautomove.com/electric-car-history/>. [Acedido em Março 2018].
- [12] P. SCHWOERER, “Automobile Propre,” 7 Janeiro 2016. [Online]. Available: <http://www.automobile-propre.com/histoire-automobile-electrique/>. [Acedido em Março 2018].
- [13] Y. G. a. A. E. Mehrdad Ehsani, Modern Electric. Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles, Texas, U.S.A: CRC Press, 2009.
- [14] N. F. S. Ramos, “Dissertação: Exploração de fontes de energia renovável para postos de carregamento rápido,” Coimbra, 2016.
- [15] J. German, “Hybrid Vehicles -Technology Development and Cost Reduction,” United States, 2015.
- [16] Rinkesh, “Conserve Energy Future,” Janeiro 2018. [Online]. Available: <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-hybrid-cars.php>.

- [17] “Toyota,” Janeiro 2018. [Online]. Available: <http://www.toyota.iq/technology/environmental-technology/hybrid/>. [Acedido em Março 2018].
- [18] N. L. o. t. U. D. o. E. a. O. o. E. E. a. R. E. National Renewable Energy Laboratory, “Hybrid and Plug-In Electric Vehicles,” *VEHICLE TECHNOLOGIES PROGRAM*, p. 2, Outubro 2011.
- [19] “kent4x4offroading.co.uk,” [Online]. Available: <http://www.kent4x4offroading.co.uk/suv/hybrid-cars.html>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [20] “ENERGY.GOV,” 21 Maio 2017. [Online]. Available: <https://www.afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>. [Acedido em Março 2018].
- [21] E. E. Agency, “Electric vehicles in Europe,” 2016.
- [22] B. KRIVEVSKI, “<https://electriccarsreport.com/>,” 6 Fevereiro 2013. [Online]. Available: <https://electriccarsreport.com/2013/02/range-extender-ev-market-set-for-rapid-acceleration-report/>. [Acedido em 16 Julho 2018].
- [23] C. W. T. a. A. Y. Himadry ShekharDas, “Fuel cell hybrid electric vehicles: A review on power conditioning units and topologies,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 268-291, Setembro 2017.
- [24] “Motor 24, futuro em movimento,” [Online]. Available: <https://www.motor24.pt/motores/ecologia/produzir-baterias-carros-eletricos-polui-anos-guiar-um-carro-gasolina/>. [Acedido em Março 2018].
- [25] D. H. e. N. Lutsey, “The Internacional Council on Clean Transportation,” 09 Fevereiro 2018. [Online]. Available: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vF.pdf.
- [26] J. Pontes, “ZEEV,” 02 Janeiro 2018. [Online]. Available: http://www.zeev.pt/quantos-veiculos-eletricos-foram-vendidos-em-2017/?utm_source=social&utm_medium=fcbk&utm_campaign=artigo&utm_content=vendas2017. [Acedido em Janeiro 2018].
- [27] D. Morelo, “fleetcarma,” 22 Fevereiro 2017. [Online]. Available: <https://www.fleetcarma.com/electric-cars-pros-cons/>. [Acedido em Janeiro 2018].
- [28] S. Antunes, “Instalações elétricas para carregamento de baterias de veículos elétricos,” 2015.
- [29] J. L. Gata, “A manutenção de um carro elétrico é três vezes mais barata do que a de um híbrido,” Setembro 2016. [Online]. Available: <http://www.ceac.pt/forum-setembro-2016-mecanica/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [30] E. E. Agency, “Greenhouse gas emissions from transport,” European Environment Agency, Dinamarca, 2017.
- [31] F. Lambert, “electrek,” 2 Maio 2018. [Online]. Available: <https://electrek.co/guides/tesla-semi/>. [Acedido em 16 Maio 2018].

- [32] “Electric Vehicles News,” [Online]. Available: <http://electricvehiclesnews.com/Motorcycles/main.htm>. [Acedido em Dezembro 2017].
- [33] “Motos125,” [Online]. Available: <http://www.motos125cc.org/scooters-electricas/>. [Acedido em Janeiro 2018].
- [34] B. Chan, “made-in-china.com,” [Online]. Available: https://pt.made-in-china.com/co_melsenpower/product_High-Capacity-50ah-Lipo-Battery-and-72V-Lithium-Ion-Battery_euieehesy.html. [Acedido em 22 Maio 2018].
- [35] M. O. d. Barraicua, “The Motorcycle Industry in Europe,” 02 Outubro 2017. [Online]. Available: <http://www.acem.eu/item/477-antonio-perlot-electric-vehicles-can-take-full-advantage-of-the-features-of-mobility-in-urban-areas>. [Acedido em Janeiro 2018].
- [36] J. d. H. J. v. K. J. B. B. L. X. W. M. B. a. F. ' M. Josh Andres, “Exploring Human - eBike Interaction to Support Rider Autonomy,” em *CHI PLAY Companion 2016*, Austin, Texas, USA, ACM , 2016, pp. 85-92.
- [37] MOBI.E, “Formas de Carregamento de Veículos Eléctricos em Portugal,” 2011.
- [38] L. M. Gonçalves, “Dissertação: Dimensionamento de sistemas de armazenamento de energia para cenários de contingência,” Vila Real, 2014.
- [39] “The greenage,” [Online]. Available: <https://www.thegreenage.co.uk/tech/flywheel-energy-storage/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [40] V. Silva, “Células de combustível- Energia do futuro,” [Online]. Available: <http://celulasdecombustivel.planetaclix.pt/comofuncionam.html>. [Acedido em Março 2018].
- [41] N. P. Santos, “Supercondensadores - "O que são? Como Funcionam?,"” 2013.
- [42] “Energy Storage Association,” [Online]. Available: <http://energystorage.org/energy-storage/technologies/flywheels>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [43] J. L. a. J. Lowry, “Electric Vehicle Technology Explained,” UK.
- [44] J. Pirovic, “Linkedin,” 09 Março 2017. [Online]. Available: <https://pt.linkedin.com/pulse/constitui%C3%A7%C3%A3o-e-funcionamento-de-uma-bateria-chumbo-%C3%A1cido-jo%C3%A3o-pirovic>. [Acedido em Março 2018].
- [45] L. C. F. e. S. R. B. Nerilso Bocchi, “Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental,” 2000.
- [46] K. Colwell, “AUVAC,” 15 Junho 2011. [Online]. Available: <http://auvac.org/newsitems/view/1082>.
- [47] A. L. a. R. Marcelino, “Estado de Arte – Sistemas de Armazenamento de energia,” Porto, 2012.
- [48] L. Maduro, “Carregador de baterias de Iões de Lítio (Li-Ion) / Polímeros de Lítio (Li-Po) de uma célula,” 2011.
- [49] O. Gomes, “Pilhas e Baterias,” [Online]. Available: <https://pilhasebaterias.wordpress.com/baterias-de-niquel-cadmio/>. [Acedido em Fevereiro 2018].

- [50] drones, “Seguros para drones,” 24 Julho 2017. [Online]. Available: <https://segurosparadrones.es/cursos-gratis-drones-las-baterias-baterias-se-utilizan-dron/>.
- [51] “ZEEV,” [Online]. Available: <http://www.zeev.pt/carros-eletricos/renault/zoe40/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [52] N. Antunes, “Razão Automóvel,” Novembro 2017. [Online]. Available: <https://www.razaoautomovel.com/2017/10/novo-nissan-leaf-preco-2018>. [Acedido em Abril 2018].
- [53] “Nissan,” [Online]. Available: <https://www.nissan.pt/veiculos/novos-veiculos/leaf.html>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [54] “uCharge,” [Online]. Available: <http://www.ucharge.pt/nissan-leaf-2018.html>. [Acedido em 20 Junho 2018].
- [55] P. Isidoro, “UVE,” 25 Fevereiro 2018. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/test-drive-ao-novo-nissan-leaf-40-kwh/>. [Acedido em 20 Junho 2018].
- [56] C. Moura, “Turbo,” 8 Julho 2017. [Online]. Available: <http://www.turbo.pt/renault-kangoo-ze-oferece-maior-autonomia/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [57] A. S. Pereira, “Observador,” 14 Julho 2017. [Online]. Available: <https://observador.pt/2017/07/14/kangoo-z-e-mais-50-de-autonomia-pelo-mesmo-preco/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [58] “ZEEV,” [Online]. Available: <http://www.zeev.pt/carros-eletricos/renault/kangoo-ze/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [59] “Nissan,” [Online]. Available: <https://www.nissan.pt/veiculos/novos-veiculos/e-nv200-van/faq.html>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [60] H. E. Santo, “Razão Automóvel,” 2016. [Online]. Available: <https://www.razaoautomovel.com/2016/10/primeiro-camiao-ligeiro-eletrico-sera-produzido-portugal>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [61] “VORTEX,” [Online]. Available: <https://vortex.com.pt/project/vortex-swr-6000-watts/>. [Acedido em Janeiro 2018].
- [62] “Certoma,” [Online]. Available: <https://www.certoma.pt/product/ravo5-iserie/#>. [Acedido em 25 Maio 2018].
- [63] “Inova,” [Online]. Available: <https://www.inova-em.pt/empresa/apresenta%C3%A7%C3%A3o>. [Acedido em 4 Junho 2018].
- [64] PORDATA, “PORDATA, Base de Dados Portugal Contemporâneo,” 1 Janeiro 2018. [Online]. Available: [https://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Infla%C3%A7%C3%A3o+\(Taxa+de+Varia%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%8Dndice+de+Pre%C3%A7os+no+Consumidor\)+total+e+por+consumo+individual+por+objectivo-2315](https://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Infla%C3%A7%C3%A3o+(Taxa+de+Varia%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%8Dndice+de+Pre%C3%A7os+no+Consumidor)+total+e+por+consumo+individual+por+objectivo-2315). [Acedido em Maio 2018].
- [65] D. d. República, 26 Junho 2008. [Online]. [Acedido em 25 Junho 2018].

- [66] B. S. e. A. H. S. Linda Ager-Wick Ellingsen, “The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles,” *Environmental Research Letters*, 6 Maio 2016.
- [67] O. d. T. e. E. Ministério do Ambiente, “Diário da República Eletrónico,” 20 Outubro 2014. [Online]. Available: https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/58406974/details/maximized?print_preview=print-preview. [Acedido em Abril 2018].
- [68] “Critical Kinetics,” [Online]. Available: <http://critical-kinetics.pt/Autoconsumo/upac-autoconsumo-enquadramento-legal.html>. [Acedido em Abril 2018].
- [69] S. D. M. Costa, “Dissertação- Simulação de modelos de remuneração e estudos de mercado para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo,” Porto, 2014.
- [70] “Solar Connect, Energias Renováveis,” [Online]. Available: <http://solarconnect.pt/pt/ms/ms/solar-fotovoltaico-2460-395-coz/ms-90059945-p-1/>. [Acedido em 20 Maio 2018].
- [71] F. Pereira, Guia de manutenção de Instalações Fotovoltaicas, Porto: Publindústria, Edições Técnicas, 2012.
- [72] “Livre Power, Lda, Energias Renováveis,” [Online]. Available: <http://livre.pt/pt/952-24-v-solarworld-pl-270-mono.html>. [Acedido em Maio 2018].
- [73] “LEFE,” [Online]. Available: http://www.lefe.pt/ficha_produto/Contador-de-Produ%C3%A7%C3%A3o-Actaris-SL-7000/399/FOTOVOLTAICO/Componentes/205. [Acedido em 28 Maio 2018].
- [74] “MERKASOL, Energias Renovables,” [Online]. Available: https://www.merkasol.com/epages/62387086.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/62387086/Products/invered047. [Acedido em 24 Maio 2018].
- [75] A. S. a. M. Akbari, “Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, p. 275–291, 2018.
- [76] K. M. A. G. H. A. a. S. M.M. Aman e K. Solangi, “A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, p. 1190–1204, 2015.
- [77] E. e. Ambiente, “Diário da República,” 10 Agosto 2016. [Online]. Available: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/75126729/details/normal?q=Portaria+n%C2%BA%20221%2F2016>. [Acedido em Abril 2018].
- [78] “ZEEV,” [Online]. Available: <http://www.zeev.pt/carros-eletricos/nissan/e-nv200/>. [Acedido em Fevereiro 2018].
- [79] H. P. Ambaripeta, “RANGE EXTENDER DEVELOPMENT FOR ELECTRIC VEHICLE USING ENGINE GENERATOR SET,” Akron, 2015.

Anexo A – Datasheet do modulo fotovoltaico

Sunmodule[®] Plus SW 260 - 270 mono



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 260	SW 265	SW 270
Maximum power	P_{max}	260 Wp	265 Wp	270 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	38.9 V	39.0 V	39.2 V
Maximum power point voltage	U_{mp}	30.7 V	30.8 V	30.9 V
Short circuit current	I_{sc}	9.18 A	9.31 A	9.44 A
Maximum power point current	I_{mp}	8.56 A	8.69 A	8.81 A
Module efficiency	η_{ref}	15.51 %	15.81 %	16.1 %

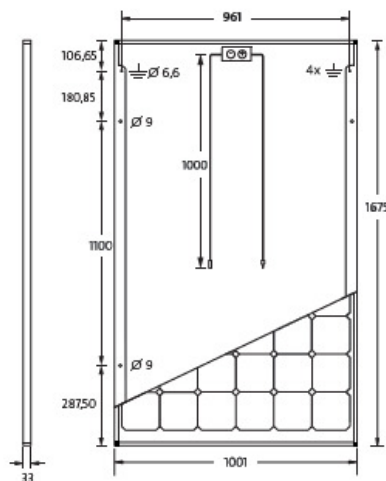
Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 260	SW 265	SW 270
Maximum power	P_{max}	194.2 Wp	197.8 Wp	201.3 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	35.6 V	35.7 V	35.9 V
Maximum power point voltage	U_{mp}	28.1 V	28.2 V	28.3 V
Short circuit current	I_{sc}	7.42 A	7.53 A	7.63 A
Maximum power point current	I_{mp}	6.92 A	7.02 A	7.12 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.



DIMENSIONS

Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	18.0 kg

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	tempered glass (EN 12150)

THERMAL CHARACTERISTICS

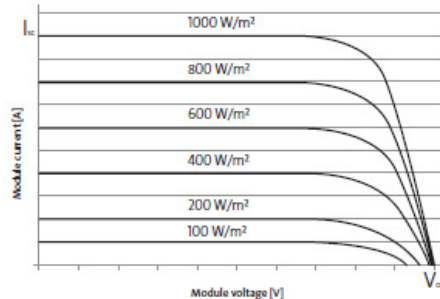
NOCT	46 °C
TC I_{sc}	0.040 %/K
TC U_{oc}	-0.30 %/K
TC P_{max}	-0.41 %/K

ADDITIONAL DATA

Power sorting	-0 Wp / +5 Wp
J-Box	IP65
Connector	H4

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	25 A
Load / dynamic load	5.4 / 2.4 kN/m ²
Number of bypass diodes	3
Operating range	-40 °C to +85 °C



SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.
This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

2015-06-01 EN

Anexo B – Datasheet do inversor

Dados técnicos	Sunny Tripower 7000TL	Sunny Tripower 8000TL
Entrada (CC)		
Potência CC máx. (@ $\cos \phi = 1$)	7175 W	8200 W
Tensão máx. de entrada	1000 V	1000 V
Gama de tensão MPP / Tensão estipulada de entrada	290 V - 800 V / 580 V	330 V - 800 V / 580 V
Tensão mín. de entrada / Tensão de entrada inicial	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Corrente máx. de entrada Entrada A / Entrada B	15 A / 10 A	15 A / 10 A
Corrente máx. de entrada por string Entrada A / Entrada B	15 A / 10 A	15 A / 10 A
Número de entradas MPP independentes / Strings por entrada MPP	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
Saída (CA)		
Potência estipulada (@ 230 V, 50 Hz)	7000 W	8000 W
Potência aparente CA máx.	7000 VA	8000 VA
Tensão nominal CA	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Gama de tensão nominal CA	160 V a 280 V	160 V a 280 V
Frequência de rede CA / gama	50 Hz; 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz	50 Hz; 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz
Frequência de rede estipulada / tensão de rede estipulada	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Corrente máx. de saída	10,2 A	11,6 A
Factor de potência na potência estipulada	1	1
Factor de desfasamento ajustável	0,8 sobreexcitado a 0,8 subexcitado	0,8 sobreexcitado a 0,8 subexcitado
Fases de injeção / fases de ligação	3 / 3	3 / 3
Rendimento		
Rendimento máx. / Rendimento europ.	98% / 97,5%	98% / 97,6%
Dispositivos de segurança		
Ponto de seccionamento no lado de entrada	●	●
Monitorização da ligação à terra / Monitorização da rede	● / ●	● / ●
Protecção contra inversão de polaridade CC / Resistência a curtos-circuitos CA / Galvanicamente separado	● / ● / -	● / ● / -
Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todas as correntes	●	●
Classe de protecção (conforme a IEC 62103) / categoria de sobretenção (conforme a IEC 60664-1)	I / III	I / III
Dados gerais		
Dimensões (L / A / P)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)
Peso	37 kg (81,6 lb)	37 kg (81,6 lb)
Gama de temperatura de serviço	-25°C ... +60°C [-13°F ... +140°F]	-25°C ... +60°C [-13°F ... +140°F]
Emissões sonoras, típicas	40 dB(A)	40 dB(A)
Consumo próprio (notite)	1 W	1 W
Topologia / princípio de refrigeração	Sem transformador / OptiCool	Sem transformador / OptiCool
Grau de protecção (conforme a IEC 60529)	IP65	IP65
Classe de condições ambientais (conforme a IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Valor máximo admissível da humidade relativa (sem condensação)	100%	100%
Equipamento		
Ligação CC / ligação CA	SUNCLIX / Borne de mola	SUNCLIX / Borne de mola
Visor	Gráfico	Gráfico
Interface: RS485, Bluetooth, Speedwire/Webconnect	○ / ● / ●	○ / ● / ●
Relé multifunções / Power Control Module	● / ○	● / ○
Garantia: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 anos	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados e homologações (mais a pedido)	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21 (>6 kWp), EN 50438 ¹ , G59/2, G83/1-1, IEC 61727, MEA ² , NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA ³ , PPC, PPDS, RD1699, RD 661/2007, SI 4777, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1	
Designação do modelo	STP 7000TL-20	STP 8000TL-20

Anexo C – Tabelas dos gráficos do Peugeot 207 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Renault Zoe	Peugeot 207	Diferença	Cash Flow
0	24 072,97 €	16 000,00 €	-8 072,97 €	-8 072,97 €
1	792,80 €	2 317,38 €	1 524,58 €	-6 548,39 €
2	809,65 €	2 340,90 €	1 531,25 €	-5 017,14 €
3	827,00 €	2 364,75 €	1 537,75 €	-3 479,39 €
4	844,88 €	2 388,93 €	1 544,06 €	-1 935,34 €
5	863,29 €	2 413,45 €	1 550,17 €	-385,17 €
6	8 382,25 €	2 438,32 €	-5 943,93 €	-6 329,10 €
7	901,78 €	2 463,53 €	1 561,75 €	-4 767,34 €
8	921,90 €	2 489,10 €	1 567,20 €	-3 200,14 €
9	942,62 €	2 515,02 €	1 572,40 €	-1 627,74 €
10	963,96 €	2 541,31 €	1 577,35 €	-50,39 €
11	985,94 €	2 567,96 €	1 582,02 €	1 531,63 €
12	8 508,59 €	2 594,99 €	-5 913,59 €	-4 381,96 €
13	1 031,91 €	2 622,40 €	1 590,49 €	-2 791,47 €
14	1 055,93 €	2 650,19 €	1 594,26 €	-1 197,21 €
15	1 080,67 €	2 678,37 €	1 597,70 €	400,49 €

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Nissan Leaf	Peugeot 207	Diferença	Cash Flow
0	22 446 €	16 000 €	-6 446 €	-6445,50
1	792,80 €	2 317,38 €	1 524,58 €	-4920,92
2	809,65 €	2 340,90 €	1 531,25 €	-3389,67
3	827,00 €	2 364,75 €	1 537,75 €	-1851,92
4	844,88 €	2 388,93 €	1 544,06 €	-307,86
5	863,29 €	2 413,45 €	1 550,17 €	1242,31
6	8 382,25 €	2 438,32 €	-5 943,93 €	-4701,62
7	901,78 €	2 463,53 €	1 561,75 €	-3139,87
8	921,90 €	2 489,10 €	1 567,20 €	-1572,67
9	942,62 €	2 515,02 €	1 572,40 €	-0,27
10	963,96 €	2 541,31 €	1 577,35 €	1577,08
11	985,94 €	2 567,96 €	1 582,02 €	3159,10
12	8 508,59 €	2 594,99 €	-5 913,59 €	-2754,49
13	1 031,91 €	2 622,40 €	1 590,49 €	-1164,00
14	1 055,93 €	2 650,19 €	1 594,26 €	430,26
15	1 080,67 €	2 678,37 €	1 597,70 €	2027,96

Tempo de amortização do investimeno			
Anos	Renault Zoe	Nissan Leaf	Diferença
0	-8 072,97 €	-6 446 €	1 627,47 €
1	-6 548,39 €	-4 920,92 €	1 627,47 €
2	-5 017,14 €	-3 389,67 €	1 627,47 €
3	-3 479,39 €	-1 851,92 €	1 627,47 €
4	-1 935,34 €	-307,86 €	1 627,47 €
5	-385,17 €	1 242,31 €	1 627,47 €
6	-6 329,10 €	-4 701,62 €	1 627,47 €
7	-4 767,34 €	-3 139,87 €	1 627,47 €
8	-3 200,14 €	-1 572,67 €	1 627,47 €
9	-1 627,74 €	-0,27 €	1 627,47 €
10	-50,39 €	1 577,08 €	1 627,47 €
11	1 531,63 €	3 159,10 €	1 627,47 €
12	-4 381,96 €	-2 754,49 €	1 627,47 €
13	-2 791,47 €	-1 164,00 €	1 627,47 €
14	-1 197,21 €	430,26 €	1 627,47 €
15	400,49 €	2 027,96 €	1 627,47 €

Emissões				
Anos	Renault ZOE	Nissan Leaf	Peugeot 207	Diferença
0	12000	12000	8280	-3720
1	14030	14030	10920	-3110,4
2	16061	16061	13560	-2500,8
3	18091	18091	16200	-1891,2
4	20122	20122	18840	-1281,6
5	22152	22152	21480	-672
6	29182	29182	24120	-5062,4
7	31213	31213	26760	-4452,8
8	33243	33243	29400	-3843,2
9	35274	35274	32040	-3233,6
10	37304	37304	34680	-2624
11	39334	39334	37320	-2014,4
12	46365	46365	39960	-6404,8
13	48395	48395	42600	-5795,2
14	50426	50426	45240	-5185,6
15	52456	52456	47880	-4576

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão(h)	Inverno					
Ponta	0,2919	2,5	1,5	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)	
Cheio	0,1376	1,5	2,5	Renault Zoe e Nissan Leaf	0,73	0,21	0,22	0,14	Média (€)
Vazio	0,0719	3,1	3,1						0,13
				Verão					
h-horas de carregamento				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)	
				Renault Zoe e Nissan Leaf	0,44	0,34	0,22	0,12	
Inverno	€			Inverno					
18:00 - 20:30	0,2919								
20:30 - 22:00	0,1376								
22:00 - 01:05	0,0719								
Verão	€			Verão					
18:00 - 19:30	0,1376								
19:30 - 21:00	0,2919								
21:00 - 22:00	0,1376								
22:00 - 01:05	0,0719								

Anexo D – Tabelas dos gráficos do Peugeot 208 e dos respetivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

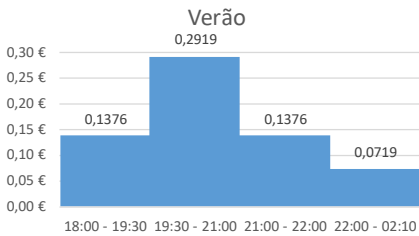
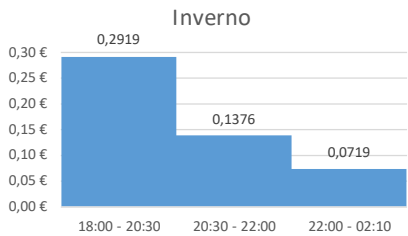
Tempo de amortização do investimento				
Anos	Renault Zoe	Peugeot 208	Diferença	Cash Flow
0	24 072,97 €	16 700,00 €	-7 372,97 €	-7 372,97 €
1	691,80 €	1 683,88 €	992,08 €	-6 380,89 €
2	707,35 €	1 701,52 €	994,17 €	-5 386,72 €
3	723,37 €	1 719,41 €	996,04 €	-4 390,69 €
4	739,87 €	1 737,54 €	997,67 €	-3 393,01 €
5	756,86 €	1 755,94 €	999,07 €	-2 393,94 €
6	774,37 €	1 774,58 €	1 000,22 €	-1 393,72 €
7	792,40 €	1 793,49 €	1 001,10 €	-392,63 €
8	8 310,97 €	1 812,67 €	-6 498,30 €	-6 890,92 €
9	830,09 €	1 832,11 €	1 002,02 €	-5 888,91 €
10	849,79 €	1 851,83 €	1 002,03 €	-4 886,87 €
11	870,09 €	1 871,82 €	1 001,73 €	-3 885,14 €
12	890,99 €	1 892,09 €	1 001,10 €	-2 884,04 €
13	912,51 €	1 912,64 €	1 000,13 €	-1 883,91 €
14	934,69 €	1 933,49 €	998,80 €	-885,11 €
15	957,53 €	1 954,62 €	997,10 €	111,99 €

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Nissan Leaf	Peugeot 208	Diferença	Cash Flow
0	22 446 €	16 700 €	-5 746 €	-5 746 €
1	691,80 €	1 683,88 €	992,08 €	-4 753,42 €
2	707,35 €	1 701,52 €	994,17 €	-3 759,25 €
3	723,37 €	1 719,41 €	996,04 €	-2 763,22 €
4	739,87 €	1 737,54 €	997,67 €	-1 765,54 €
5	756,86 €	1 755,94 €	999,07 €	-766,47 €
6	774,37 €	1 774,58 €	1 000,22 €	233,75 €
7	792,40 €	1 793,49 €	1 001,10 €	1 234,85 €
8	8 310,97 €	1 812,67 €	-6 498,30 €	-5 263,45 €
9	830,09 €	1 832,11 €	1 002,02 €	-4 261,43 €
10	849,79 €	1 851,83 €	1 002,03 €	-3 259,40 €
11	870,09 €	1 871,82 €	1 001,73 €	-2 257,67 €
12	890,99 €	1 892,09 €	1 001,10 €	-1 256,57 €
13	912,51 €	1 912,64 €	1 000,13 €	-256,44 €
14	934,69 €	1 933,49 €	998,80 €	742,36 €
15	957,53 €	1 954,62 €	997,10 €	1 739,46 €

Tempo de amortização do investimeno			
Anos	Renault Zoe	Nissan Leaf	Diferença
0	-7 372,97 €	-5 746 €	1 627,47 €
1	-6 380,89 €	-4 753,42 €	1 627,47 €
2	-5 386,72 €	-3 759,25 €	1 627,47 €
3	-4 390,69 €	-2 763,22 €	1 627,47 €
4	-3 393,01 €	-1 765,54 €	1 627,47 €
5	-2 393,94 €	-766,47 €	1 627,47 €
6	-1 393,72 €	233,75 €	1 627,47 €
7	-392,63 €	1 234,85 €	1 627,47 €
8	-6 890,92 €	-5 263,45 €	1 627,47 €
9	-5 888,91 €	-4 261,43 €	1 627,47 €
10	-4 886,87 €	-3 259,40 €	1 627,47 €
11	-3 885,14 €	-2 257,67 €	1 627,47 €
12	-2 884,04 €	-1 256,57 €	1 627,47 €
13	-1 883,91 €	-256,44 €	1 627,47 €
14	-885,11 €	742,36 €	1 627,47 €
15	111,99 €	1 739,46 €	1 627,47 €

Emissões				
Anos	Renault Zoe	Nissan Leaf	Peugeot 208	Diferença
0	12000	12000	8280	-3720
1	13523	13523	10044	-3478,8
2	15046	15046	11808	-3237,6
3	16568	16568	13572	-2996,4
4	18091	18091	15336	-2755,2
5	19614	19614	17100	-2514
6	21137	21137	18864	-2272,8
7	22660	22660	20628	-2031,6
8	29182	29182	22392	-6790,4
9	30705	30705	24156	-6549,2
10	32228	32228	25920	-6308
11	33751	33751	27684	-6066,8
12	35274	35274	29448	-5825,6
13	36796	36796	31212	-5584,4
14	38319	38319	32976	-5343,2
15	39842	39842	34740	-5102

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)	Inverno					
Ponta	0,2919	2,5	1,5	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)	
Cheio	0,1376	1,5	2,5	Renault Zoe e Nissan Leaf	0,73	0,21	0,30	0,17	Média (€)
Vazio	0,0719	4,2	4,2						0,16
				Verão					
h-horas de carregamento				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)	
				Renault Zoe e Nissan Leaf	0,44	0,34	0,30	0,15	
Inverno	€								
18:00 - 20:30	0,2919								
20:30 - 22:00	0,1376								
22:00 - 02:10	0,0719								
Verão	€								
18:00 - 19:30	0,1376								
19:30 - 21:00	0,2919								
21:00 - 22:00	0,1376								
22:00 - 02:10	0,0719								



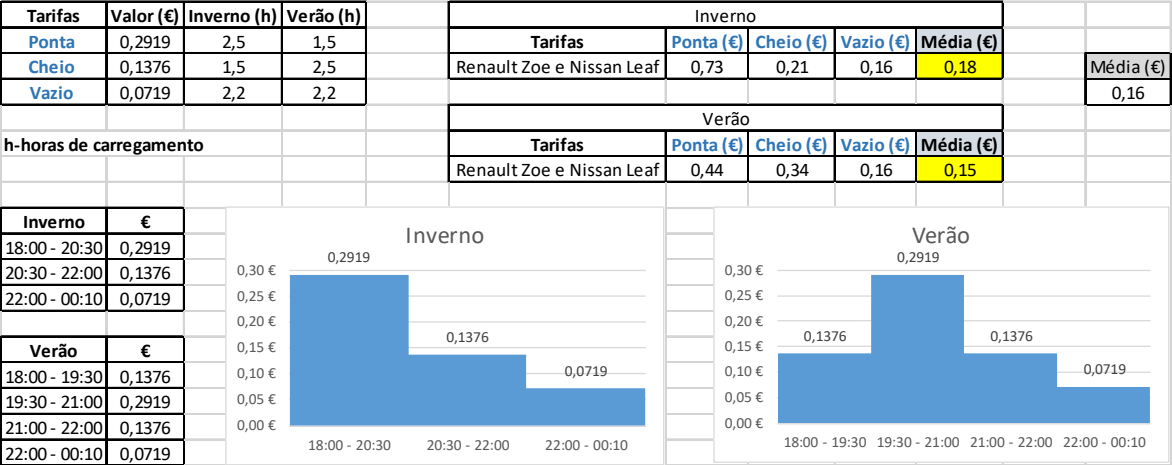
Anexo E – Tabelas dos gráficos da Opel Zafira e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Renault Zoe	Opel Zafira	Diferença	Cash Flow
0	24 072,97 €	27 950,00 €	3 877,03 €	3 877,03 €
1	883,97 €	2 574,00 €	1 690,03 €	5 567,06 €
2	903,84 €	2 601,05 €	1 697,21 €	7 264,27 €
3	924,31 €	2 628,47 €	1 704,17 €	8 968,44 €
4	945,39 €	2 656,29 €	1 710,90 €	10 679,33 €
5	967,10 €	2 684,49 €	1 717,38 €	12 396,72 €
6	989,47 €	2 713,08 €	1 723,61 €	14 120,33 €
7	8 512,51 €	2 742,08 €	-5 770,43 €	8 349,90 €
8	1 036,24 €	2 771,48 €	1 735,24 €	10 085,14 €
9	1 060,68 €	2 801,29 €	1 740,61 €	11 825,75 €
10	1 085,85 €	2 831,52 €	1 745,67 €	13 571,42 €
11	1 111,78 €	2 862,17 €	1 750,40 €	15 321,82 €
12	1 138,48 €	2 893,25 €	1 754,77 €	17 076,59 €
13	1 165,99 €	2 924,77 €	1 758,78 €	18 835,37 €
14	8 694,32 €	2 956,73 €	-5 737,59 €	13 097,78 €
15	1 223,51 €	2 989,14 €	1 765,63 €	14 863,41 €

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Nissan Leaf	Opel Safira	Diferença	Cash Flow
0	22 446 €	27 950 €	5 505 €	5 505 €
1	883,97 €	2 574,00 €	1 690,03 €	7 194,53 €
2	903,84 €	2 601,05 €	1 697,21 €	8 891,74 €
3	924,31 €	2 628,47 €	1 704,17 €	10 595,91 €
4	945,39 €	2 656,29 €	1 710,90 €	12 306,81 €
5	967,10 €	2 684,49 €	1 717,38 €	14 024,19 €
6	989,47 €	2 713,08 €	1 723,61 €	15 747,80 €
7	8 512,51 €	2 742,08 €	-5 770,43 €	9 977,37 €
8	1 036,24 €	2 771,48 €	1 735,24 €	11 712,61 €
9	1 060,68 €	2 801,29 €	1 740,61 €	13 453,22 €
10	1 085,85 €	2 831,52 €	1 745,67 €	15 198,89 €
11	1 111,78 €	2 862,17 €	1 750,40 €	16 949,29 €
12	1 138,48 €	2 893,25 €	1 754,77 €	18 704,06 €
13	1 165,99 €	2 924,77 €	1 758,78 €	20 462,84 €
14	8 694,32 €	2 956,73 €	-5 737,59 €	14 725,25 €
15	1 223,51 €	2 989,14 €	1 765,63 €	16 490,88 €

Tempo de amortização do investimento			
Anos	Tesla Model S	Renault Zoe	Nissan Leaf
0	-40 449 €	3 877,03 €	5 505 €
1	-38 759,07 €	5 567,06 €	7 194,53 €
2	-37 061,86 €	7 264,27 €	8 891,74 €
3	-35 357,69 €	8 968,44 €	10 595,91 €
4	-33 646,79 €	10 679,33 €	12 306,81 €
5	-31 929,41 €	12 396,72 €	14 024,19 €
6	-30 205,80 €	14 120,33 €	15 747,80 €
7	-28 476,23 €	8 349,90 €	9 977,37 €
8	-26 740,99 €	10 085,14 €	11 712,61 €
9	-25 000,38 €	11 825,75 €	13 453,22 €
10	-23 254,71 €	13 571,42 €	15 198,89 €
11	-21 504,31 €	15 321,82 €	16 949,29 €
12	-19 749,54 €	17 076,59 €	18 704,06 €
13	-17 990,76 €	18 835,37 €	20 462,84 €
14	-16 228,35 €	13 097,78 €	14 725,25 €
15	-14 462,72 €	14 863,41 €	16 490,88 €

Emissões				
Anos	Renault Zoe	Nissan Leaf	Opel Zafira	Diferença
0	12000	12000	8280	-3720
1	13946	13946	11362	-2583,8
2	15892	15892	14444	-1447,6
3	17837	17837	17526	-311,4
4	19783	19783	20608	824,8
5	21729	21729	23690	1961
6	23675	23675	26772	3097,2
7	30621	30621	29854	-766,6
8	32566	32566	32936	369,6
9	34512	34512	36018	1505,8
10	36458	36458	39100	2642
11	38404	38404	42182	3778,2
12	40350	40350	45264	4914,4
13	42295	42295	48346	6050,6
14	49241	49241	51428	2186,8
15	51187	51187	54510	3323



Anexo F – Tabelas dos gráficos da Peugeot Bipper e dos respetivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Kangoo Z.E	Peugeot Bipper	Diferença	Cash Flow
0	28 747,00 €	10 100,00 €	-18 647,00 €	-18 647,00 €
1	1 124,50 €	3 858,00 €	2 733,50 €	-15 913,50 €
2	1 146,96 €	3 903,86 €	2 756,90 €	-13 156,60 €
3	1 170,10 €	3 950,37 €	2 780,27 €	-10 376,33 €
4	8 919,93 €	3 997,53 €	-4 922,41 €	-15 298,74 €
5	1 218,48 €	4 045,34 €	2 826,86 €	-12 471,87 €
6	1 243,76 €	4 093,83 €	2 850,07 €	-9 621,81 €
7	1 269,81 €	4 143,00 €	2 873,19 €	-6 748,62 €
8	9 022,63 €	4 192,85 €	-4 829,78 €	-11 578,40 €
9	1 324,26 €	4 243,40 €	2 919,15 €	-8 659,25 €
10	1 352,71 €	4 294,66 €	2 941,95 €	-5 717,30 €
11	1 382,02 €	4 346,64 €	2 964,62 €	-2 752,69 €
12	9 138,21 €	4 399,34 €	-4 738,87 €	-7 491,56 €
13	1 443,31 €	4 452,79 €	3 009,48 €	-4 482,08 €
14	1 475,34 €	4 506,98 €	3 031,64 €	-1 450,44 €
15	1 508,33 €	4 561,93 €	3 053,60 €	1 603,16 €

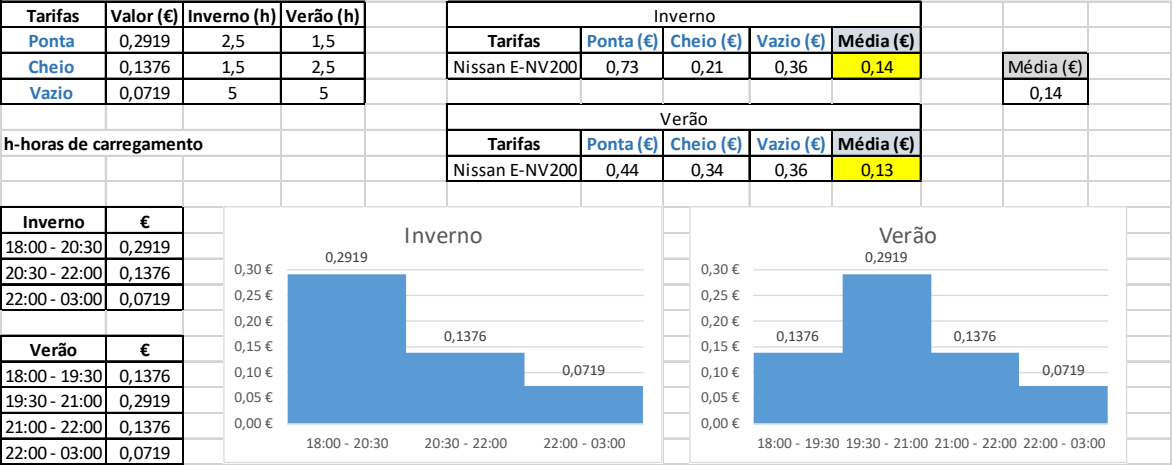
Emissões			
Anos	Kangoo Z.E	Peugeot Bipper	Diferença
0	10000	6900	-3100
1	12933	11541	-1391,8
2	15866	16182	316,4
3	18798	20823	2024,6
4	24731	25464	732,8
5	27664	30105	2441
6	30597	34746	4149,2
7	33530	39387	5857,4
8	39462	44028	4565,6
9	42395	48669	6273,8
10	45328	53310	7982
11	48261	57951	9690,2
12	54194	62592	8398,4
13	57126	67233	10106,6
14	60059	71874	11814,8
15	62992	76515	13523

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)	Inverno							
Ponta	0,2919	2,5	1,5	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)			
Cheio	0,1376	1,5	2,5	Kangoo Z.E	0,73	0,21	0,51	0,13	Média (€)		
Vazio	0,0719	7,1	7,1						0,12		
h-horas de carregamento				Verão							
				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)			
				Kangoo Z.E	0,44	0,34	0,51	0,12			
Inverno	€			Inverno							
18:00 - 20:30	0,2919										
20:30 - 22:00	0,1376										
22:00 - 05:05	0,0719										
Verão	€			Verão							
18:00 - 19:30	0,1376										
19:30 - 21:00	0,2919										
21:00 - 22:00	0,1376										
22:00 - 05:05	0,0719										

Anexo G – Tabelas dos gráficos da Opel Vivaro e dos respetivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	E-NV200	Opel Vivaro	Diferença	Cash Flow
0	26 107 €	15 000 €	-11 107 €	-11 107 €
1	982,00 €	4 742,00 €	3 760,00 €	-7 346,81 €
2	1 002,79 €	4 797,86 €	3 795,07 €	-3 551,74 €
3	1 024,20 €	4 854,50 €	3 830,30 €	278,56 €
4	1 046,26 €	4 911,94 €	3 865,68 €	4 144,23 €
5	8 568,98 €	4 970,18 €	-3 598,80 €	545,43 €
6	1 092,38 €	5 029,23 €	3 936,85 €	4 482,29 €
7	1 116,48 €	5 089,11 €	3 972,63 €	8 454,92 €
8	1 141,30 €	5 149,83 €	4 008,53 €	12 463,45 €
9	1 166,87 €	5 211,40 €	4 044,53 €	16 507,98 €
10	8 693,21 €	5 273,83 €	-3 419,38 €	13 088,60 €
11	1 220,33 €	5 337,14 €	4 116,80 €	17 205,41 €
12	1 248,27 €	5 401,33 €	4 153,06 €	21 358,46 €
13	1 277,05 €	5 466,42 €	4 189,37 €	25 547,83 €
14	1 306,69 €	5 532,42 €	4 225,73 €	29 773,56 €
15	8 837,22 €	5 599,35 €	-3 237,88 €	26 535,69 €

Emissões			
Anos	E-NV200	Opel Vivaro	Diferença
0	10000	6900	-3100
1	12327	12000	-326,5
2	14653	17100	2447
3	16980	22200	5220,5
4	19306	27300	7994
5	24633	32400	7767,5
6	26959	37500	10541
7	29286	42600	13314,5
8	31612	47700	16088
9	33939	52800	18861,5
10	39265	57900	18635
11	41592	63000	21408,5
12	43918	68100	24182
13	46245	73200	26955,5
14	48571	78300	29729
15	53898	83400	29502,5

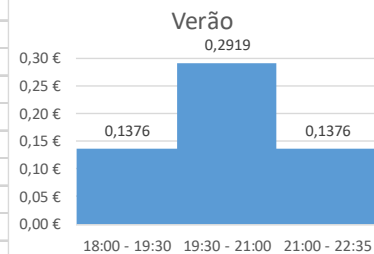
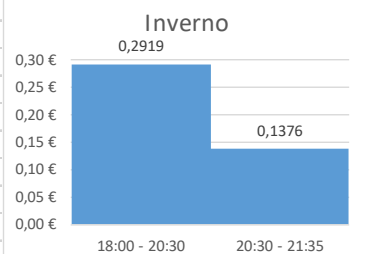


Anexo H – Tabelas dos gráficos da Honda SH-125I 34-CA-06 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Vortex	Honda 34-CA-06	Diferença	Cash Flow
0	3 469 €	2 800 €	-669 €	-669 €
1	94,00 €	782,71 €	688,71 €	19,86 €
2	95,62 €	789,43 €	693,81 €	713,67 €
3	97,29 €	796,24 €	698,96 €	1 412,63 €
4	99,01 €	803,15 €	704,15 €	2 116,77 €
5	100,78 €	810,16 €	709,38 €	2 826,15 €
6	102,60 €	817,26 €	714,66 €	3 540,82 €
7	104,48 €	824,47 €	719,99 €	4 260,81 €
8	106,41 €	831,77 €	725,36 €	4 986,17 €
9	108,41 €	839,18 €	730,77 €	5 716,94 €
10	1 235,46 €	846,69 €	-388,77 €	5 328,17 €
11	112,57 €	854,31 €	741,73 €	6 069,91 €
12	114,75 €	862,03 €	747,28 €	6 817,18 €
13	116,99 €	869,86 €	752,87 €	7 570,05 €
14	119,30 €	877,80 €	758,50 €	8 328,55 €
15	121,68 €	885,85 €	764,17 €	9 092,72 €

Emissões			
Anos	Vortex	Honda 34-CA-06	Diferença
0	3500	2415	-1085
1	3782	2935	-847
2	4064	3455	-609
3	4346	3975	-371
4	4628	4495	-133
5	4910	5015	105
6	5192	5535	343
7	5474	6055	581
8	5756	6575	819
9	6038	7095	1057
10	7320	7615	295
11	7602	8135	533
12	7884	8655	771
13	8166	9175	1009
14	8448	9695	1247
15	8730	10215	1485

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)	Inverno						
Ponta	0,2919	2,5	1,5	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)		
Cheio	0,1376	1,1	2,1	Vortex SWR 6000	0,73	0,15	0,00	0,10	Média (€)	
Vazio	0,0719	0	0						0,09	
				Verão						
h-horas de carregamento				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)		
				Vortex SWR 6000	0,44	0,29	0,00	0,08		
Inverno	€									
18:00 - 20:30	0,2919									
20:30 - 21:35	0,1376									
22:00 - 8:00	0,0719									
Verão	€									
18:00 - 19:30	0,1376									
19:30 - 21:00	0,2919									
21:00 - 22:35	0,1376									
22:00 - 8:00	0,0719									



Anexo I – Tabelas dos gráficos da Honda SH-125I 34-CA-07 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Vortex	Honda 34-CA-07	Diferença	Cash Flow
0	3 469 €	2 800 €	-669 €	-669 €
1	148,40 €	1 094,00 €	945,60 €	276,75 €
2	151,17 €	1 103,41 €	952,24 €	1 228,99 €
3	154,03 €	1 112,95 €	958,92 €	2 187,91 €
4	156,97 €	1 122,62 €	965,65 €	3 153,56 €
5	160,00 €	1 132,43 €	972,43 €	4 125,99 €
6	163,12 €	1 142,38 €	979,26 €	5 105,25 €
7	166,33 €	1 152,46 €	986,13 €	6 091,38 €
8	169,64 €	1 162,69 €	993,05 €	7 084,43 €
9	173,05 €	1 173,06 €	1 000,01 €	8 084,44 €
10	1 301,56 €	1 183,57 €	-117,99 €	7 966,45 €
11	180,18 €	1 194,23 €	1 014,06 €	8 980,50 €
12	183,90 €	1 205,05 €	1 021,14 €	10 001,64 €
13	187,74 €	1 216,01 €	1 028,27 €	11 029,91 €
14	191,69 €	1 227,12 €	1 035,43 €	12 065,34 €
15	195,76 €	1 238,40 €	1 042,63 €	13 107,98 €

Emissões			
Anos	Vortex	Honda 34-CA-07	Diferença
0	3500	2415	-1085
1	3895	3143	-751,8
2	4290	3871	-418,6
3	4684	4599	-85,4
4	5079	5327	247,8
5	5474	6055	581
6	5869	6783	914,2
7	6264	7511	1247,4
8	6658	8239	1580,6
9	7053	8967	1913,8
10	8448	9695	1247
11	8843	10423	1580,2
12	9238	11151	1913,4
13	9632	11879	2246,6
14	10027	12607	2579,8
15	10422	13335	2913

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)	Inverno						
Ponta	0,2919	2,5	1,5	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)		
Cheio	0,1376	1,5	2,5	Vortex SWR 6000	0,73	0,21	0,09	0,11	Média (€)	
Vazio	0,0719	1,2	1,2						0,11	
				Verão						
h-horas de carregamento				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)		
				Vortex SWR 6000	0,44	0,34	0,09	0,10		
Inverno	€					Verão				
18:00 - 20:30	0,2919									
20:30 - 22:00	0,1376									
22:00 - 23:10	0,0719									
Verão	€									
18:00 - 19:30	0,1376									
19:30 - 21:00	0,2919									
21:00 - 22:00	0,1376									
22:00 - 23:10	0,0719									

Inverno

Período	Tarifa (€)
18:00 - 20:30	0,2919
20:30 - 22:00	0,1376
22:00 - 23:10	0,0719

Verão

Período	Tarifa (€)
18:00 - 19:30	0,1376
19:30 - 21:00	0,2919
21:00 - 22:00	0,1376
22:00 - 23:10	0,0719

Anexo J – Tabelas dos gráficos da Honda SH-125I 34-CA-08 e dos respetivos tempos de carregamento do cenário 1, juntamente com a tabela das emissões

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Vortex	Honda 34-CA-08	Diferença	Cash Flow
0	3 469 €	2 800 €	-669 €	-669 €
1	57,40 €	639,00 €	581,60 €	-87 €
2	58,28 €	643,70 €	585,42 €	498 €
3	59,19 €	648,47 €	589,28 €	1 087 €
4	60,13 €	653,31 €	593,18 €	1 681 €
5	61,09 €	658,21 €	597,12 €	2 278 €
6	62,08 €	663,19 €	601,11 €	2 879 €
7	63,11 €	668,23 €	605,13 €	3 484 €
8	64,16 €	673,34 €	609,19 €	4 093 €
9	65,24 €	678,53 €	613,29 €	4 706 €
10	1 191,36 €	683,79 €	-507,57 €	4 199 €
11	67,51 €	689,12 €	621,61 €	4 820 €
12	68,70 €	694,52 €	625,83 €	5 446 €
13	69,92 €	700,00 €	630,09 €	6 076 €
14	71,17 €	705,56 €	634,39 €	6 711 €
15	72,47 €	711,20 €	638,73 €	7 350 €

Emissões			
Anos	Vortex	Honda 34-CA-08	Diferença
0	3500	2415	-1085
1	3697	2779	-918,4
2	3895	3143	-751,8
3	4092	3507	-585,2
4	4290	3871	-418,6
5	4487	4235	-252
6	4684	4599	-85,4
7	4882	4963	81,2
8	5079	5327	247,8
9	5277	5691	414,4
10	6474	6055	-419
11	6671	6419	-252,4
12	6869	6783	-85,8
13	7066	7147	80,8
14	7264	7511	247,4
15	7461	7875	414

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)
Ponta	0,2919	2,5	1,2
Cheio	0,1376	0,2	1,5
Vazio	0,0719	0	0

Inverno				
Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Vortex SWR 6000	0,73	0,03	0,00	0,08

Verão				
Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Vortex SWR 6000	0,35	0,21	0,00	0,06

Inverno

0,2919

0,1376

0,30 €

0,25 €

0,20 €

0,15 €

0,10 €

0,05 €

0,00 €

18:00 - 20:30

20:30 - 20:40

Verão

0,1376

0,2919

0,30 €

0,25 €

0,20 €

0,15 €

0,10 €

0,05 €

0,00 €

18:00 - 19:30

19:30 - 21:00

Anexo K – Tabelas dos gráficos do Peugeot 207 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Renault Zoe	Peugeot 207	Diferença	Cash Flow
0	24 072,97 €	16 000,00 €	-8 072,97 €	-8 072,97 €
1	490,40 €	2 317,38 €	1 826,98 €	-6 245,99 €
2	498,18 €	2 340,90 €	1 842,72 €	-4 403,27 €
3	506,19 €	2 364,75 €	1 858,56 €	-2 544,70 €
4	514,43 €	2 388,93 €	1 874,50 €	-670,21 €
5	522,93 €	2 413,45 €	1 890,52 €	1 220,32 €
6	8 031,68 €	2 438,32 €	-5 593,36 €	-4 373,05 €
7	540,70 €	2 463,53 €	1 922,83 €	-2 450,21 €
8	549,98 €	2 489,10 €	1 939,12 €	-511,10 €
9	559,55 €	2 515,02 €	1 955,48 €	1 444,38 €
10	569,40 €	2 541,31 €	1 971,91 €	3 416,29 €
11	579,54 €	2 567,96 €	1 988,42 €	5 404,71 €
12	8 089,99 €	2 594,99 €	-5 495,00 €	-90,29 €
13	600,76 €	2 622,40 €	2 021,64 €	1 931,35 €
14	611,84 €	2 650,19 €	2 038,35 €	3 969,70 €
15	623,26 €	2 678,37 €	2 055,11 €	6 024,80 €

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Nissan Leaf	Peugeot 207	Diferença	Cash Flow
0	22 446 €	16 000 €	-6 446 €	-6 446 €
1	490,40 €	2 317,38 €	1 826,98 €	-4 618,52 €
2	498,18 €	2 340,90 €	1 842,72 €	-2 775,80 €
3	506,19 €	2 364,75 €	1 858,56 €	-917,23 €
4	514,43 €	2 388,93 €	1 874,50 €	957,27 €
5	522,93 €	2 413,45 €	1 890,52 €	2 847,79 €
6	8 031,68 €	2 438,32 €	-5 593,36 €	-2 745,58 €
7	540,70 €	2 463,53 €	1 922,83 €	-822,74 €
8	549,98 €	2 489,10 €	1 939,12 €	1 116,37 €
9	559,55 €	2 515,02 €	1 955,48 €	3 071,85 €
10	569,40 €	2 541,31 €	1 971,91 €	5 043,76 €
11	579,54 €	2 567,96 €	1 988,42 €	7 032,18 €
12	8 089,99 €	2 594,99 €	-5 495,00 €	1 537,18 €
13	600,76 €	2 622,40 €	2 021,64 €	3 558,82 €
14	611,84 €	2 650,19 €	2 038,35 €	5 597,17 €
15	623,26 €	2 678,37 €	2 055,11 €	7 652,27 €

Anexo L – Tabelas dos gráficos do Peugeot 208 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Renault Zoe	Peugeot 208	Diferença	Cash Flow
0	24 072,97 €	16 700,00 €	-7 372,97 €	-7 372,97 €
1	432,60 €	1 683,88 €	1 251,28 €	-6 121,69 €
2	440,38 €	1 701,52 €	1 261,14 €	-4 860,55 €
3	448,39 €	1 719,41 €	1 271,02 €	-3 589,53 €
4	456,63 €	1 737,54 €	1 280,91 €	-2 308,62 €
5	465,13 €	1 755,94 €	1 290,80 €	-1 017,81 €
6	473,88 €	1 774,58 €	1 300,70 €	282,89 €
7	482,90 €	1 793,49 €	1 310,60 €	1 593,48 €
8	7 992,18 €	1 812,67 €	-6 179,51 €	-4 586,03 €
9	501,75 €	1 832,11 €	1 330,37 €	-3 255,67 €
10	511,60 €	1 851,83 €	1 340,23 €	-1 915,44 €
11	521,74 €	1 871,82 €	1 350,08 €	-565,36 €
12	532,19 €	1 892,09 €	1 359,90 €	794,54 €
13	542,96 €	1 912,64 €	1 369,69 €	2 164,22 €
14	554,04 €	1 933,49 €	1 379,44 €	3 543,67 €
15	565,46 €	1 954,62 €	1 389,16 €	4 932,82 €

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Nissan Leaf	Peugeot 208	Diferença	Cash Flow
0	22 446 €	16 700 €	-5 746 €	-5 746 €
1	432,60 €	1 683,88 €	1 251,28 €	-4 494,22 €
2	440,38 €	1 701,52 €	1 261,14 €	-3 233,08 €
3	448,39 €	1 719,41 €	1 271,02 €	-1 962,05 €
4	456,63 €	1 737,54 €	1 280,91 €	-681,14 €
5	465,13 €	1 755,94 €	1 290,80 €	609,66 €
6	473,88 €	1 774,58 €	1 300,70 €	1 910,36 €
7	482,90 €	1 793,49 €	1 310,60 €	3 220,96 €
8	7 992,18 €	1 812,67 €	-6 179,51 €	-2 958,56 €
9	501,75 €	1 832,11 €	1 330,37 €	-1 628,19 €
10	511,60 €	1 851,83 €	1 340,23 €	-287,96 €
11	521,74 €	1 871,82 €	1 350,08 €	1 062,11 €
12	532,19 €	1 892,09 €	1 359,90 €	2 422,01 €
13	542,96 €	1 912,64 €	1 369,69 €	3 791,69 €
14	554,04 €	1 933,49 €	1 379,44 €	5 171,14 €
15	565,46 €	1 954,62 €	1 389,16 €	6 560,30 €

Anexo M – Tabelas dos gráficos da Opel Zafira e dos respetivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Renault Zoe	Opel Safira	Diferença	Cash Flow
0	24 072,97 €	27 950,00 €	3 877,03 €	3 877,03 €
1	511,37 €	2 574,00 €	2 062,63 €	5 939,66 €
2	520,06 €	2 601,05 €	2 080,99 €	8 020,65 €
3	529,02 €	2 628,47 €	2 099,46 €	10 120,11 €
4	538,24 €	2 656,29 €	2 118,05 €	12 238,15 €
5	547,74 €	2 684,49 €	2 136,75 €	14 374,90 €
6	557,52 €	2 713,08 €	2 155,56 €	16 530,46 €
7	8 067,60 €	2 742,08 €	-5 325,53 €	11 204,93 €
8	577,98 €	2 771,48 €	2 193,49 €	13 398,42 €
9	588,68 €	2 801,29 €	2 212,61 €	15 611,03 €
10	599,69 €	2 831,52 €	2 231,83 €	17 842,86 €
11	611,03 €	2 862,17 €	2 251,14 €	20 094,00 €
12	622,72 €	2 893,25 €	2 270,54 €	22 364,54 €
13	634,75 €	2 924,77 €	2 290,02 €	24 654,56 €
14	8 147,15 €	2 956,73 €	-5 190,42 €	19 464,14 €
15	659,92 €	2 989,14 €	2 329,22 €	21 793,36 €

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Nissan Leaf	Opel Safira	Diferença	Cash Flow
0	22 446 €	27 950 €	5 505 €	5 505 €
1	511,37 €	2 574,00 €	2 062,63 €	7 567,13 €
2	520,06 €	2 601,05 €	2 080,99 €	9 648,12 €
3	529,02 €	2 628,47 €	2 099,46 €	11 747,58 €
4	538,24 €	2 656,29 €	2 118,05 €	13 865,63 €
5	547,74 €	2 684,49 €	2 136,75 €	16 002,37 €
6	557,52 €	2 713,08 €	2 155,56 €	18 157,93 €
7	8 067,60 €	2 742,08 €	-5 325,53 €	12 832,40 €
8	577,98 €	2 771,48 €	2 193,49 €	15 025,89 €
9	588,68 €	2 801,29 €	2 212,61 €	17 238,50 €
10	599,69 €	2 831,52 €	2 231,83 €	19 470,33 €
11	611,03 €	2 862,17 €	2 251,14 €	21 721,47 €
12	622,72 €	2 893,25 €	2 270,54 €	23 992,01 €
13	634,75 €	2 924,77 €	2 290,02 €	26 282,03 €
14	8 147,15 €	2 956,73 €	-5 190,42 €	21 091,61 €
15	659,92 €	2 989,14 €	2 329,22 €	23 420,84 €

Tempo de amortização do investimento			
Anos	Renault Zoe	Nissan Leaf	Diferença
0	3 877,03 €	5 505 €	1 627,47 €
1	5 939,66 €	7 567,13 €	1 627,47 €
2	8 020,65 €	9 648,12 €	1 627,47 €
3	10 120,11 €	11 747,58 €	1 627,47 €
4	12 238,15 €	13 865,63 €	1 627,47 €
5	14 374,90 €	16 002,37 €	1 627,47 €
6	16 530,46 €	18 157,93 €	1 627,47 €
7	11 204,93 €	12 832,40 €	1 627,47 €
8	13 398,42 €	15 025,89 €	1 627,47 €
9	15 611,03 €	17 238,50 €	1 627,47 €
10	17 842,86 €	19 470,33 €	1 627,47 €
11	20 094,00 €	21 721,47 €	1 627,47 €
12	22 364,54 €	23 992,01 €	1 627,47 €
13	24 654,56 €	26 282,03 €	1 627,47 €
14	19 464,14 €	21 091,61 €	1 627,47 €
15	21 793,36 €	23 420,84 €	1 627,47 €

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)
Ponta	0,2919	0	0
Cheio	0,1376	0	0
Vazio	0,0719	6,2	6,2

Inverno				
Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Renault Zoe e Nissan Leaf	0,00	0,00	0,45	0,07

Verão				
Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Renault Zoe e Nissan Leaf	0,00	0,00	0,45	0,07

Inverno	€
22:00h - 04:10h	0,0719

Verão	€
22:00h - 04:10h	0,0719

Inverno e Verão

Verão

Anexo N – Tabelas dos gráficos da Peugeot Bipper e dos respetivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Kangoo Z.E	Peugeot Bipper	Diferença	Cash Flow
0	28 747,00 €	10 100,00 €	-18 647,00 €	-18 647,00 €
1	874,90 €	3 858,00 €	2 983,10 €	-15 663,90 €
2	889,88 €	3 903,86 €	3 013,99 €	-12 649,91 €
3	905,30 €	3 950,37 €	3 045,07 €	-9 604,84 €
4	8 647,19 €	3 997,53 €	-4 649,66 €	-14 254,51 €
5	937,55 €	4 045,34 €	3 107,79 €	-11 146,71 €
6	954,41 €	4 093,83 €	3 139,42 €	-8 007,29 €
7	971,77 €	4 143,00 €	3 171,23 €	-4 836,07 €
8	8 715,65 €	4 192,85 €	-4 522,80 €	-9 358,87 €
9	1 008,07 €	4 243,40 €	3 235,33 €	-6 123,54 €
10	1 027,04 €	4 294,66 €	3 267,62 €	-2 855,92 €
11	1 046,58 €	4 346,64 €	3 300,06 €	444,14 €
12	8 792,71 €	4 399,34 €	-4 393,36 €	-3 949,22 €
13	1 087,44 €	4 452,79 €	3 365,35 €	-583,88 €
14	1 108,79 €	4 506,98 €	3 398,19 €	2 814,31 €
15	1 130,78 €	4 561,93 €	3 431,14 €	6 245,45 €

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)
Ponta	0,2919	0	0,1
Cheio	0,1376	1,1	1
Vazio	0,0719	10	10

h-horas de carregamento

<

Anexo O – Tabelas dos gráficos da Opel Vivaro e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	E-NV200	Opel Vivaro	Diferença	Cash Flow
0	26 107 €	15 000 €	-11 107 €	-11 107 €
1	635,50 €	4 742,00 €	4 106,50 €	-7 000,31 €
2	645,90 €	4 797,86 €	4 151,97 €	-2 848,35 €
3	656,60 €	4 854,50 €	4 197,90 €	1 349,55 €
4	667,63 €	4 911,94 €	4 244,31 €	5 593,86 €
5	8 178,99 €	4 970,18 €	-3 208,81 €	2 385,05 €
6	690,69 €	5 029,23 €	4 338,54 €	6 723,59 €
7	702,74 €	5 089,11 €	4 386,37 €	11 109,96 €
8	715,15 €	5 149,83 €	4 434,68 €	15 544,64 €
9	727,94 €	5 211,40 €	4 483,47 €	20 028,11 €
10	8 241,10 €	5 273,83 €	-2 967,27 €	17 060,84 €
11	754,67 €	5 337,14 €	4 582,47 €	21 643,31 €
12	768,64 €	5 401,33 €	4 632,69 €	26 276,00 €
13	783,03 €	5 466,42 €	4 683,39 €	30 959,40 €
14	797,85 €	5 532,42 €	4 734,58 €	35 693,97 €
15	8 313,11 €	5 599,35 €	-2 713,76 €	32 980,21 €

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)
Ponta	0,2919	0	0
Cheio	0,1376	0	0
Vazio	0,0719	9	9

h-horas de carregamento

Inverno				
Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Nissan E-NV200	0,00	0,00	0,65	0,07

Verão				
Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Nissan E-NV200	0,00	0,00	0,65	0,07

Inverno e Verão

0,10 €
0,08 €
0,06 €
0,04 €
0,02 €
0,00 €

0,0719

22:00 - 07:00

Verão

0,10 €
0,08 €
0,06 €
0,04 €
0,02 €
0,00 €

0,0719

22:00 - 07:00

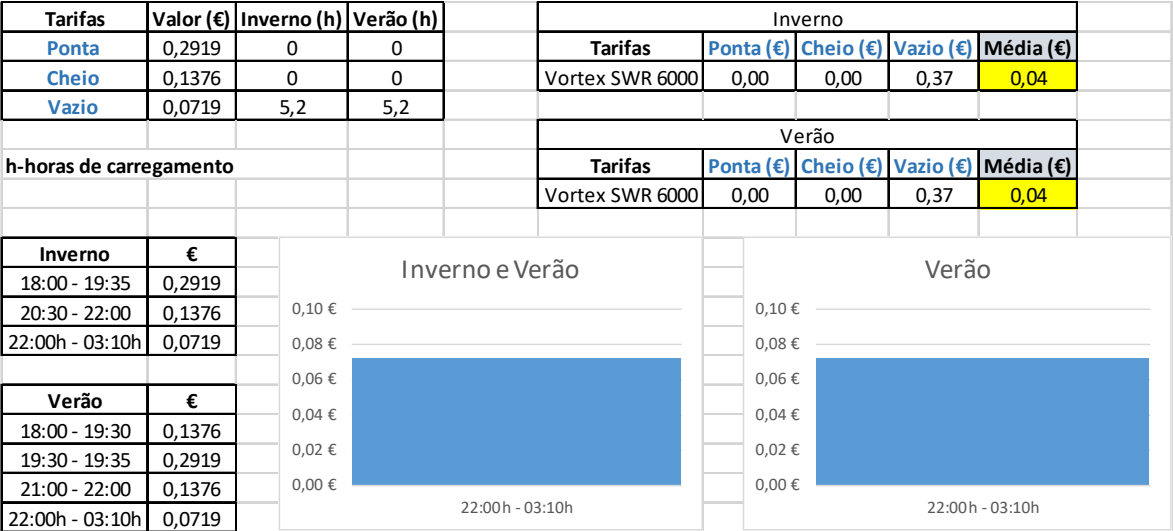
Anexo P – Tabelas dos gráficos da Honda SH-125I 34-CA-06 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Vortex	Honda 34-CA-06	Diferença	Cash Flow
0	3 469 €	2 800 €	-669 €	-669 €
1	58,00 €	782,71 €	724,71 €	55,86 €
2	58,54 €	789,43 €	730,89 €	786,75 €
3	59,10 €	796,24 €	737,15 €	1 523,90 €
4	59,67 €	803,15 €	743,48 €	2 267,38 €
5	60,26 €	810,16 €	749,90 €	3 017,28 €
6	60,87 €	817,26 €	756,40 €	3 773,68 €
7	61,49 €	824,47 €	762,97 €	4 536,65 €
8	62,14 €	831,77 €	769,63 €	5 306,29 €
9	62,80 €	839,18 €	776,38 €	6 082,67 €
10	1 188,49 €	846,69 €	-341,80 €	5 740,87 €
11	64,19 €	854,31 €	790,12 €	6 530,99 €
12	64,92 €	862,03 €	797,11 €	7 328,10 €
13	65,66 €	869,86 €	804,19 €	8 132,29 €
14	66,43 €	877,80 €	811,36 €	8 943,66 €
15	67,23 €	885,85 €	818,62 €	9 762,28 €

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)	Inverno				
Ponta	0,2919	0	0	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Cheio	0,1376	0	0	Vortex SWR 6000	0,00	0,00	0,26	0,03
Vazio	0,0719	3,6	3,6	Verão				
h-horas de carregamento				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
				Vortex SWR 6000	0,00	0,00	0,26	0,03
Inverno		€	Inverno e Verão			Verão		
18:00 - 19:05	0,2919							
20:30 - 22:00	0,1376							
22:00h - 01:35h	0,0719							
Verão		€	Inverno e Verão			Verão		
18:00 - 19:05	0,1376							
19:30 - 21:00	0,2919							
21:00 - 22:00	0,1376							
22:00h - 01:35h	0,0719							

Anexo Q – Tabelas dos gráficos da Honda SH-125I 34-CA-07 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Vortex	Honda 34-CA-07	Diferença	Cash Flow
0	3 469 €	2 800 €	-669 €	-669 €
1	89,60 €	1 094,00 €	1 004,40 €	335,55 €
2	90,61 €	1 103,41 €	1 012,80 €	1 348,35 €
3	91,65 €	1 112,95 €	1 021,30 €	2 369,65 €
4	92,72 €	1 122,62 €	1 029,91 €	3 399,56 €
5	93,82 €	1 132,43 €	1 038,61 €	4 438,17 €
6	94,95 €	1 142,38 €	1 047,42 €	5 485,59 €
7	96,12 €	1 152,46 €	1 056,34 €	6 541,93 €
8	97,32 €	1 162,69 €	1 065,36 €	7 607,30 €
9	98,56 €	1 173,06 €	1 074,49 €	8 681,79 €
10	1 224,84 €	1 183,57 €	-41,27 €	8 640,52 €
11	101,16 €	1 194,23 €	1 093,08 €	9 733,60 €
12	102,51 €	1 205,05 €	1 102,53 €	10 836,14 €
13	103,91 €	1 216,01 €	1 112,10 €	11 948,24 €
14	105,34 €	1 227,12 €	1 121,78 €	13 070,02 €
15	106,82 €	1 238,40 €	1 131,57 €	14 201,59 €



Anexo R – Tabelas dos gráficos da Honda SH-125I 34-CA-08 e dos respectivos tempos de carregamento do cenário 2

Tempo de amortização do investimento				
Anos	Vortex	Honda 34-CA-08	Diferença	Cash Flow
0	3 469 €	2 800 €	-669 €	-669 €
1	36,40 €	639,00 €	602,60 €	-66 €
2	36,65 €	643,70 €	607,05 €	541 €
3	36,91 €	648,47 €	611,56 €	1 152 €
4	37,18 €	653,31 €	616,13 €	1 768 €
5	37,45 €	658,21 €	620,76 €	2 389 €
6	37,74 €	663,19 €	625,45 €	3 015 €
7	38,03 €	668,23 €	630,20 €	3 645 €
8	38,33 €	673,34 €	635,01 €	4 280 €
9	38,64 €	678,53 €	639,89 €	4 920 €
10	1 163,96 €	683,79 €	-480,17 €	4 440 €
11	39,29 €	689,12 €	649,83 €	5 089 €
12	39,63 €	694,52 €	654,89 €	5 744 €
13	39,98 €	700,00 €	660,03 €	6 404 €
14	40,34 €	705,56 €	665,23 €	7 070 €
15	40,71 €	711,20 €	670,49 €	7 740 €

Tarifas	Valor (€)	Inverno (h)	Verão (h)	Inverno				
Ponta	0,2919	0	0	Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
Cheio	0,1376	0	0	Vortex SWR 6000	0,00	0,00	0,19	0,02
Vazio	0,0719	2,7	2,7	Verão				
h-horas de carregamento				Tarifas	Ponta (€)	Cheio (€)	Vazio (€)	Média (€)
				Vortex SWR 6000	0,00	0,00	0,19	0,02
Inverno	€	Inverno e Verão			Verão			
18:00 - 18:55	0,2919							
20:30 - 22:00	0,1376							
22:00h - 00:45h	0,0719							
Verão	€							
18:00 - 18:55	0,1376							
19:30 - 21:00	0,2919							
21:00 - 22:00	0,1376							
22:00h - 00:45h	0,0719							